

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
KÖZGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR

REGIONÁLIS POLITIKA ÉS GAZDASÁGTAN
DOKTORI ISKOLA

Iloskics Zita

Sokkterjedési mintázatok a világgazdaságban

*Az üzleti ciklusok szinkronizáltságának szerkezeti jellemzői és
csatornái*

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Témavezető: Dr. Sebestyén Tamás
habilitált egyetemi docens

Pécs, 2022

„...soha még ilyen kicsike nem volt a Földgolyó, mint amilyenné mostanában lett – persze viszonylagosan. A szóbeli és fizikai közlekedés egyre gyorsuló irama összezűgortotta a világot ... amit gondolok, csinállok, amit akarok vagy szeretnék, arról...percek alatt értesül a Föld egész lakossága –, s ha személyesen akarok erről meggyőződni, napok alatt ott vagyok, hipp-hopp, ahol lenni akarok.”

(Karinthy Frigyes)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Válságok és hálózatok – szakirodalmi áttekintés	4
2.1. A gazdasági válságok kialakulásának magyarázata.....	4
2.1.1. Néhány korai buborék.....	5
2.1.2. Gazdasági válságok az 1970-es évektől.....	6
2.1.3. A 2008-as gazdasági világválság.....	9
2.2. A globalizáció és a gazdasági integráció szerepe	10
2.3. Hálózatelmélet a közgazdaságban	12
2.3.1. A hálózatok típusai	13
2.3.2. A hálózatelméleti modellek fejlődése.....	14
2.3.3. Skálafüggetlen gazdasági hálózatok	18
2.3.4. A gazdasági hálózatok stabilitása	21
2.3.5. Fázisátmenetek a gazdaságban	22
2.3.6. A gazdasági válságok terjedése	26
2.3.7. A gazdasági idősorok szinkronizáltsága	30
2.3.8. Az üzleti ciklusok szinkronizációjának okai.....	32
2.4. Kutatási kérdések.....	38
3. Az üzleti ciklusok szinkronizációjának változásai a gazdasági válságok hatására	41
3.1. Felhasznált adatok, módszertan	43
3.1.1. A kapcsolati mátrix felépítése.....	43
3.1.2. Adatok.....	48
3.1.3. Alkalmazott hálózatelméleti mutatók	54
3.2. A GDP-együttmozgás időbeli változása	64
3.2.1. Hálózati sűrűség.....	64
3.2.2. Az átlagos elérési utak	67
3.2.3. A hálózat klaszterezettsége	72
3.2.4. A fokszámeloszlás ferdesége	75
3.2.5. Az országok fokszámainak időbeli alakulása	77
3.2.6. Pozíciók és csoportok a 2008-as válság előtt és a válság kirobbanása után .	80

3.2.7. Az eredmények összefoglalása.....	89
3.3. Az üzleti ciklusok szinkronizáltságának alakulása a recessziós-periódusok kiszűrésével	92
3.3.1. A válság időszakok kiszűrésének módszere.....	93
3.3.2. Az üzleti ciklusok szinkronizációjának változása a recessziós időszakok nélkül	95
3.3.3. A sokkterjedési kapcsolatok dinamikája	98
3.3.4. Az eredmények rövid összegzése	103
3.4. Az országok szerepe a sokkterjedési hálózatban.....	105
3.4.1. Az országok közötti szisztematikus kapcsolatok	105
3.4.2. Sokkterjesztő, sokkoknak kitett és kiegyensúlyozott országok.....	111
3.4.3. Az eredmények összegzése	113
4. A sokkterjedési hálózat csatornái	115
4.1. Adatok	118
4.2. Módszertan	118
4.3. A vizsgált modellek.....	122
4.3.1. Az alapmodell.....	122
4.3.2. A modellváltozatok	123
4.4. Eredmények.....	125
5. Összegzés	130
Függelék	135
Felhasznált irodalom	136

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A gazdasági válságok legfőbb okainak összegzése a szakirodalmi elemzés alapján.....	9
2. táblázat: A különböző módszerekkel felépített hálózatok helye a dolgozatban	42
3. táblázat: KPSS teszt eredményeinek összefoglalása	53
4. táblázat: Az ADF teszt eredményei	53
5. táblázat: A vizsgált gazdasági válságok kezdő időszakai	54
6. táblázat: A dolgozatban a különböző kapcsolati mátrixokon alkalmazott hálózatelméleti mutatók	63
7. táblázat: A Granger-okság tesztelésből kihagyott megfigyelések kiválasztása.....	94
8. táblázat: A kapcsolatok alakulásának gyakorisága a véletlen hálózatokhoz viszonyítva a két lehetséges állapot között (van/nincs kapcsolat).....	99
9. táblázat: A kapcsolatok alakulásának valószínűsége a véletlen hálózatokéhoz hasonlítva.....	99
10. táblázat: A sokkterjedési kapcsolatok becslésére alkalmazott különböző modellváltozatok összefoglalása.....	122
11. táblázat: A Granger-okság hálózaton alapuló sokkterjedési kapcsolatok becslésének eredménye.....	126
12. táblázat: A HP Granger-okság hálózaton alapuló sokkterjedési kapcsolatok becslésének eredménye.....	127

Ábrák jegyzéke

1. ábra: Az irányított és súlyozatlan hálózat gráf és mátrix	14
2. ábra: Súlyozatlan, irányítatlan azonos méretű és fokszámú szabályos (baloldali gráf) és random hálózat (jobboldali gráf)	15
3. ábra: Szabályos, kisvilági és random hálózatok.....	16
4. ábra: Egy skálafüggetlen hálózat gráf reprezentációja.....	17
5. ábra: A hálózatok fázisátalakulásának állomásai	22
6. ábra: A doktori értekezés szakirodalomban betöltött szerepe	40
7. ábra: A GDP együttmozgás hálózatok sűrűségének alakulása 1961 és 2019 között ..	65
8. ábra: A GDP együttmozgás hálózatok átlagos elérési útjának alakulása 1961 és 2019 között.....	68
9. ábra: Az átlagos elérési út Erdős-Rényi véletlen referenciahálózatához viszonyított alakulása	70
10. ábra: Az átlagos elérési út alakulása a konfigurációs modellhez viszonyítva.....	72
11. ábra: A klaszterezettségi együttható alakulása az Erdős-Rényi-féle véletlen referenciahálózatához viszonyítva	73
12. ábra: A klaszterezettségi együttható alakulása a konfigurációs modell referenciahálózatához viszonyítva	75
13. ábra: A fokszámferdeség alakulása az Erdős-Rényi-féle véletlen referenciahálózatához viszonyítva	76
14. ábra: Az országok ki-fokszáma a vizsgált időszakban.....	78
15. ábra: Az országok ki-fokszáma az összes kapcsolathoz képest a vizsgált időszakban	79
16. ábra: Az országok be-fokszáma az összes kapcsolathoz képest a vizsgált időszakban	79
17. ábra: A Granger okság hálózat a 2008-as válság előtt és alatt/után (ki-fokszámok alapján).....	81
18. ábra: A Granger okság hálózat a 2008-as válság előtt és alatt/után (be-fokszámok alapján).....	81
19. ábra: A válság előtti és a válság alatti/utáni fokszámárányok.....	85
20. ábra: A Granger-okság hálózat maximális feszítőfája a 2008-as válság előtti időszakban.....	87

21. ábra: A Granger-okság hálózat maximális feszítőfája a 2008-as válság alatti/utáni időszakban	87
22. ábra: A Granger-okság hálózat topológiai tulajdonságainak alakulása a válságperiódusok kihagyása mellett	96
23. ábra: A HP Granger-okság hálózat topológiai tulajdonságainak alakulása a válságperiódusok kihagyása mellett	96
24. ábra: Az állapot-átmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat tartalmazó Granger-okság hálózatban	101
25. ábra: Az állapot-átmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat tartalmazó Granger-okság hálózatban	101
26. ábra: Az állapotátmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat nem tartalmazó Granger-okság hálózatban	102
27. ábra: Az állapotátmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat nem tartalmazó HP Granger-okság hálózatban	102
28. ábra: A sokkterjedés (válságot tartalmazó) hálózati térképe	106
29. ábra: A hálózat (válságperiódusokkal) fő topológiai tulajdonságai.....	107
30. ábra: A sokkterjedés (válságperiódusokat tartalmazó) hálózati térképei.....	107
31. ábra: A hálózat (válságperiódusok nélkül) fő topológiai tulajdonságai	108
32. ábra: A sokkterjedés (válságperiódusokat tartalmazó) hálózat maximális feszítőfája	109
33. ábra: A sokkterjedés (válságperiódusokat nem tartalmazó) hálózat maximális feszítőfája.....	110
34. ábra: Összekapcsoltság és kereskedelmi nyitottság.....	111
35. ábra: Az országok kereskedelmi nyitottsága és sokkterjedésben (Granger-okság hálózatban) betöltött szerepe közötti korreláció	117
36. ábra: Az országok kereskedelmi nyitottsága és sokkterjedésben (HP Granger-okság hálózatban) betöltött szerepe közötti korreláció	117
37. ábra: A sokkterjedési kapcsolatok gyakorisága a vizsgált időszakban.....	121

Absztrakt

Sokkterjedési mintázatok a világgazdaságban

Az üzleti ciklusok szinkronizáltságának szerkezeti jellemzői és csatornái

Iloskics Zita

Témavezető: Dr. Sebestyén Tamás

A doktori értekezés célja a makrogazdasági sokkok terjedésének vizsgálata a szorosan összekapcsolt, globális gazdasági rendszerben. Az országok közötti többrétegű (export-, import-, tőke-, munkaerőáramlás) gazdasági kapcsolatokon keresztül az egyes országokban végbemenő gazdasági események hatással lehetnek más országok gazdasági eseményire, teljesítményére. A dolgozatban ennek a kapcsolatrendszernek egy speciális aspektusát, az országok kibocsátási idősorainak szinkronizáltságát elemzem, különböző módszerekkel. Egyrészt a GDP növekedési ráták, másrészt a GDP-szintek trendszűrt ciklikus komponensei közötti együttmozgási viszonyokat és oksági kapcsolatokat tárom fel. Az együttmozgást egyrészt a szakirodalomban általánosan alkalmazott korrelációs elemzéssel határozom meg, majd Granger-okság tesztekkel használom, hogy a sokkterjedésről pontosabb képet kapjunk. Az elemzés újdonsága, hogy a mintába vont országok kibocsátási idősorai között feltárt korrelációs és oksági kapcsolatokat, mint hálózati rendszert vizsgálja, nagy hangsúlyt fektetve e hálózat topológiai jellemzőire. Így vizsgálható, hogy az egyes országok milyen pozíciót töltenek be a szinkronizáltsági kapcsolatrendszerben, melyek a szisztematikusan jelenlévő kapcsolatok és mennyiben véletlenszerű vagy éppen aszimmetrikus a hálózat szerkezete. A dolgozatban megvizsgálom, hogy változott-e a kibocsátások idősorainak együttmozgása, az ezek alapján kirajzolódó hálózatok szerkezete az elmúlt fél évszázadban, különös tekintettel a gazdasági válságok időszakaira. Az eredmények a szinkronizáltság erősödését mutatják, főként a 2008-as gazdasági válság idején. Az országok közötti sokkterjedés az okságon alapuló vizsgálatok alapján is felerősödött, struktúrája átalakult. Megmutatom viszont, hogy ez a szerkezeti átalakulás nem a gazdasági válságok következménye, ugyanis a szerkezeti

tulajdonságok nem változnak jelentős mértékben, ha az elemzésben a válságperiódusokat figyelmen kívül hagyom. A topológiai elemzések segítségével arra is rámutatok, hogy a szinkronizáltság mögötti oksági szerkezet nem véletlenszerű, vagyis előrejelezhető, hogy mely országok között alakul ki nagyobb valószínűséggel sokkterjedés. Végül a kereskedelmi nyitottság és a sokkterjedési hálózat kapcsolatát vizsgálom meg. A felépített ökonometriai modell alapján azt állapítom meg, hogy a kereskedelmi nyitottság hozzájárul az üzleti ciklusok szinkronizáltságának erősödéséhez, a sokkterjedéshez.

Tárgyszavak: gazdasági válságok, üzleti ciklusok szinkronizáltsága, korrelációs hálózat, Granger-okság, sokkterjedés, hálózatelemzés, hálózati szerkezet, kereskedelmi nyitottság

1. Bevezetés

A makroökonómiai jelenségek országok közötti terjedésének vizsgálata a 2008-as pénzügyi összeomlást követően felértékelődött a közgazdasági szakirodalomban. A doktori értekezés az elmúlt fél évszázad gazdasági válságainak szakirodalmához, különösen a 2008-as gazdasági válság terjedésének feltérképezéséhez járul hozzá. A gazdasági válság egy nehezen meghatározható, komplex jelenség, így a közgazdaságtan sem alkalmaz egységes definíciót. Általában akkor beszélhetünk válságokról, amikor a gazdaságot olyan külső vagy belső zavarok érik, amelyek tartósan, negatívan befolyásolják működését. Külső zavaroknak nevezhetjük a háborúkat, járványokat, amelyek közvetlenül nem a gazdaságra irányulnak, azonban hatásai gyorsan és jelentős mértékben a gazdaságot is befolyásolják. Napjainkban a COVID-19 világjárvány következményeképpen ismét az érdeklődés középpontjába került a sokkok terjedésének elemzése, a makroökonómiai hatásainak feltérképezése (Alber, 2020; Banerjee & Majumdar, 2020; Inoue & Todo, 2020).

Ezzel szemben belső zavar, amikor közvetlenül a gazdaságra ható tényező, például a termelés vagy a fogyasztás hirtelen nagymértékű változása megy végbe. A válság kiterjedtsége is nagyon eltérő lehet, amennyiben a recesszió relatív kevés szereplőt, országot érint, lokális (helyi) válságokról beszélünk, ha azonban számos országára kiterjed – ahogy a 2008-as gazdasági összeomlás, vagy a Covid-19 járvány gazdasági hatásai –, világgazdasági válságként, globális recesszióként tartjuk számon. A globalizáció, a világgazdaság integráltságának növekedése a világgazdasági rendszer növekvő összetettségéhez vezet. Ez a szoros összekapcsoltság azonban a sebezhetőség növekedésével jár, a komplex rendszerek részeinek meghibásodása lavinaszerű összeomlásokhoz vezethet (Barabási, 2016).

A komplex rendszerek részei közötti kapcsolatokat a napjainkra önálló, interdiszciplináris tudományterületté fejlődött hálózatelmélet vizsgálja. Új szemléletmódjával számos tudományterületet (fizika, kémia, biológia, társadalomtudományok) egészít ki. Népszerűsége részben Barabási Albert-László kutatásainak is köszönhető, amelyekben rávilágít, hogy a bennünket alkotó, és körülöttünk lévő kapcsolatrendszerek kialakulása, felépítése és működése hasonló módon írható le. A hálózatok leírása azonban Barabási és Albert (1999) szerint éppen komplexitásuk következtében kihívásokkal teli feladat, hiszen a topológiai adatok csak néhány esetben érhetőek el.

A 2008-as válságot követően a közgazdasági irodalom is egyre nagyobb figyelmet fordított a gazdaság, mint komplex rendszer elemzésére. Faggini és szerzőtársai (2019)

szerint a 2008-as válság legfontosabb tanulsága, hogy a világ sokkal összetettebb, mint ahogy a legtöbben elképzeljük, és ahogy a legtöbb gazdasági modell leírja. A gazdasági folyamatok, a sokterjedés megértéséhez nemcsak fontos, hanem elengedhetetlen figyelembe venni a különböző kapcsolatok rendszerét.

Farmer és Foley (2009) szerint a holisztikus modellek képesek kiegészíteni a közgazdasági modelleket. A szerzők az ökonometriai modellek és a dinamikus sztochasztikus általános egyensúlyi (DSGE) modellekkel szemben a következő hiányosságokat fogalmazták meg. Az ökonometriai modellek, a múltbeli adatokon alapuló előrejelzések pontatlanná válhatnak a gazdasági válságokhoz hasonló nagyobb változások hatására, a DSGE modellek pedig a válságjelenségeket nem veszik figyelembe. Ezeket a hiányosságokat Farmer és Foley (2009) szerint a komplex rendszerek részei közötti interakciók vizsgálata pótolhatja.

A doktori értekezés hozzájárul a nemzetgazdaságok közötti makroökonómiai jelenségek terjedésének vizsgálatához, az országok közötti interakciókat térképezi fel ökonometriai módszereken alapuló hálózatok elemzésével. A dolgozat felépítése a következő. A bevezetést követően a 2. fejezetben összefoglalom a kutatáshoz kapcsolódó három legfontosabb szakirodalmi irányt. Bemutatom néhány jelentős gazdasági összeomlást, amelyek közül a dolgozatban vizsgált válságokat részletesebben kiemelem. Összegzem a gazdasági integrációval, globalizációval kapcsolatos szakirodalmakat, amelyek alátámasztják a világgazdaság komplexitásának növekedését. Ezt követően a komplex rendszerek részeit vizsgáló hálózatelmélet széleskörű közgazdasági alkalmazásainak lehetőségeit ismertetem. A fejezet végén a dolgozat szakirodalomban betöltött szerepét, továbbá a vizsgált kutatási kérdéseket mutatom be.

A 3. fejezetben az üzleti ciklusok szinkronizációjának változásait vizsgálom meg. Elsőként a 3.1. alfejezetben bemutatom a felhasznált idősoros adatokat és a dolgozatban alkalmazott módszertant. Ezt követően az empirikus adatokon alapuló hálózatok felépítése következik. Egyrészt az országok GDP növekedésének együttmozgását térképezem fel két különböző ökonometriai módszerrel, korreláció és Granger-okság teszteléssel. Az időablakok alkalmazása lehetővé teszi az idősorok szinkronizáltságának vizsgálatát, időbeli alakulását, ezáltal a gazdasági válságok során végbemenő esetleges topológiai eltérések feltárását. Másrészt az országok trendszűrt GDP szintjeinek szinkronizáltságát vizsgálom meg Granger-okság teszt segítségével. A különböző módszerekkel kapott hálózatok csúcsai a világgazdaság országai, amelyek között a kapcsolatokat tehát a különböző gazdasági idősorok szinkronizáltsága határozza meg. A 3.2. fejezetben az így kapott

hálózatok szerkezeti változásait térképezem fel 1960 és 2019 között, különös tekintettel figyelembe véve a vizsgált időszak során bekövetkezett recessziók hatásait.

A 3.3. alfejezetben bemutatok egy módszert, amely segítségével a vizsgált gazdasági válságok kiszűrhetők az idősorokból. Az így felépített hálózatok elemzéseivel egészítem ki a korábban kapott eredményeket, illetve ellenőrzöm azok robusztusságát, valamint megvizsgálom a sokkterjedési kapcsolatok dinamikáját.

Ezt követően a 3.4. alfejezetben egy rövidebb idősoron, de az országok szélesebb körének lefedésével a korábbiakhoz hasonló topológiai elemzéseket mutatok be, azonban a lokális hálózatelemzési mutatókra fókuszálok, annak érdekében, hogy az országok sokkterjedésben betöltött szerepét vizsgáljam.

A dolgozat 4. fejezetében a bemutatott hálózatok kapcsolatainak kialakulását, az idősorok szinkronizáltságának alakulását vizsgálom. Külkereskedelmi volumen adatokból képezett nyitottság mutatókkal, logisztikus panelökonometriai modellek alkalmazásával becsülöm az országok közötti sokkterjedést.

Végül az 5. fejezetben összegzem a doktori értekezés legfőbb eredményeit, megválaszolom a kutatási kérdéseket.

Itt ragadom meg az alkalmat, hogy kifejezzem hálás köszönetemet mindazoknak, akik nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el. Mindenekelőtt köszönetem fejezem ki témavezetőmnek, Dr. Sebestyén Tamásnak, aki egyetemi és doktoranduszi éveimet is végig segítette, akinek tudása és szakmaszeretete igazi példa előttem. Megköszönöm Dr. Varga Attilának, a doktori iskola vezetőjének útmutatásait, támogatását. Köszönöm tanárainak, munkatársaimnak, akik tanácsaikkal hozzájárultak a dolgozat elkészüléséhez. Köszönöm Longauer Dóranak, Braun Eriknek és minden doktorandusztársamnak, aki a doktori képzésem sikeres befejezéséhez segítséget nyújtott. Végül köszönettel tartozom szüleimnek és testvéremnek, akik biztos pontot, szilárd talajt jelentettek a nehéz időszakokban is.

2. Válságok és hálózatok – szakirodalmi áttekintés

A doktori értekezés témaválasztását elsősorban a gazdasági válságok jelensége, főként a 2008-as pénzügyi összeomlás következményei motiválták. A szakirodalmi áttekintés során ezért elsőként néhány jelentősebb válság történetét, a gazdasági összeomlások jellemző okait foglalom össze. A 2008-as válság okaihoz a hagyományos válságokat magyarázó tényezők mellett a világgazdaság egyre szorosabb összekapcsoltsága is hozzájárul, ezért a globalizáció, a gazdasági, pénzügyi, kereskedelmi integráció szerepét vizsgáló irodalmak áttekintése a második fontos eleme a forráselemzésnek.

Az integrált világgazdaság témája elvezet a hálózatelemzés közgazdasági alkalmazásának rövid bemutatásához. A hálózatelemzés módszertana lehetőséget biztosít a gazdaságban szorosan összekapcsolódó szereplők (például: egyének, bankok, országok) kapcsolati struktúrájának és a szerkezet változásának részletes vizsgálatára. Ennek okán a gazdaságot hálózatként, a gazdasági válságokat hálózati zavarokként elemző tanulmányokat összegzem a szakirodalmi áttekintés harmadik részében.

A sokkok a világgazdaság országait egyszerre érinthetik, azonban előfordulnak országspecifikus sokkok is, amelyek a szoros összekapcsoltság hatására az országok közötti kapcsolatokon keresztül áttevődnek más országok gazdaságára. Ennek egyik lehetséges következménye, hogy az országok gazdasági teljesítményei is áttevődnek egymásra, a gazdasági mutatók szinkronizáltabbá válhatnak. Az üzleti ciklusok szinkronizáltságával, annak változásaival és magyarázatával széleskörű szakirodalom foglalkozik, amely áttekintése vezet el a doktori értekezésben feltett kutatási kérdésekhez, felvetésekhez.

2.1. A gazdasági válságok kialakulásának magyarázata

A közgazdaságtan a válságokat a gazdaság ciklikusságával magyarázza. Elsőként de Sismondi (1827) fedezte fel az üzleti ciklusok jelenségét, amikor a gazdasági válságok periodikus megjelenését vizsgálta a gazdasági fellendülési időszakok között (Škare & Stjepanović, 2016) Gazdasági ciklusok alatt a GDP hosszútávú trend körüli ingadozását, a konjunktúrák (boom) és a recessziók ciklikus váltakozásait értjük. Az üzleti ciklusok a kapitalizmus természetes jelenségei, a válságok, recesszió során egy általános elértéktelenedés megy végbe, a kevésbé versenyképes termelők kiszorulnak a piacokról, a felesleges kapacitások megszűnnek, és helyreáll az egyensúly, újra kezdődik a ciklus (Farkas, 2009).

Borio (2014) szerint a gazdasági ciklusok mellett fontos figyelembe venni a pénzügyi ciklusokat is. Meghatározásuk nem egységes, az értékelés és a kockázatok közötti önmagukat erősítő interakciók, amelyek fellendülésekből és recessziókból állnak. A pénzügyi ciklusok tetőpontjai empirikus elemzések (Drehmann et al, 2012) alapján is szoros kapcsolatban állnak a gazdasági válságokkal. Borio (2014) szerint a pénzügyi ciklusok a válságok jó, valós idejű indikátorai, amelyek a következőképpen jellemezhetők. Fellendüléssel kezdődnek, azonban az átlagosnál magasabb növekedés fokozott rendszerkockázathoz, pénzügyi összeomláshoz vezethet, amely elhúzódó válságot eredményezhet. A pénzügyi ciklusok hossza és amplitúdója a szabályozási környezetüktől függ, a hagyományos üzleti ciklusokhoz képest azonban frekvenciájuk jelentősen kisebb, legpontosabban a hitelmennyiség és az ingatlanárak alakulása által jellemezhető.

2.1.1. Néhány korai buborék

A gazdasági válságokat megelőzően, a pénzügyi ciklusok fellendülés szakaszában, a „buborékképződés” jelensége figyelhető meg. Az átlag feletti növekedés fokozott beruházási hajlandóságot eredményez, párhuzamosan a tőkeáttétel növekedésével. Amennyiben egy termék, iparág, valuta vagy értékpapír iránt nő a kereslet, az árak is növekedni kezdenek, amely további keresletet gerjeszt a spekulánsok körében. Az árak reális értéküktől elszakadnak, majd a túlértékelt befektetések, termékek árai hirtelen csökkenni kezdenek, elértéktelenednek, tehát a „buborék kipukkan”.

A közgazdaságtan történetében az első feljegyzett eszközár buborék, amely összeomláshoz vezetett, a holland tulipánválság volt, amely 1634 és 1637 között zajlott. A tulipán a spekuláció eszközévé vált, ára egészen addig emelkedett, ameddig néhány kereskedő bizalma megrendült, és vásárolt készleteiktől elkezdtek megszabadulni, ezzel jelentős árzuhanást okozva (Madarász, 2009). 1720-ban a Déltengeri Társaság értékpapírjainak felértékelődése, majd hirtelen árzuhanása szintén ezt a mintát ismételte. Dale (2004) mániákus nyájhatásként írja le az értékpapír buborék történetét, amely szerinte nem egyedülálló befektetői viselkedés az angol gazdaságban, sőt egy bármikor megismétlődhető jelenség.

A tulipánok és az értékpapírok árainak felértékelése során is egyaránt megfigyelhető a túlzott bizalom kialakulása, majd annak megrendülése, azaz a lelki tényezők fontossága, amelyre Keynes (1965) az „animal spirits” kifejezést használta. Az animal spirits eseményeket előidéző szerepét a Nobel-díjas Akerlof és Shiller (2011) vizsgálják az Egyesült Államok legsúlyosabb pénzügyi válságain, bankválságain keresztül. Az 1893-

as pénzügyi pánikot a törvényes fizetőeszköz elértéktelenedésétől való félelem váltotta ki. A bankpánik utáni gazdasági válságot követően létrejött az Egyesült Államok központi bankja, a Federal Reserve System, a várakozások ellenére azonban a bankpánikok továbbra sem szűntek meg. Ennek legfőbb okát a szerzők egyrészt abban látják, hogy a Federal Reserve bankárai a kialakuló hitelboomot nem fékeztek meg, másrészt a „gazdaság túlhevülésének”, a buborékképződés felismerésének nehézségeit hangsúlyozzák. Az 1929. szeptember 24-i részvénypiaci összeomlást megelőző részvénypiaci boomot a hagyományos válság okok (könnyű hitelhez jutás, tőkeáttételes kereskedelem) mellett a túlzott bizalommal, az óvatosság hiányával magyarázzák, amelyet társadalmi nyomásokra vezetnek vissza. A recesszió azonban elhúzódó, mély válságba torkollott, amely elterjedt a világgazdaság számos országában. Akerlof és Shiller a papírpénzbe vetett bizalom meggyengülését emeli ki, amely az aranystandard összeomlásához vezetett a gazdaságokban.

A nagy világgazdasági válságot követően a klasszikus és neoklasszikus közgazdasági nézeteket, - amelyek szerint a stabil piaci működés miatt nincs szükség állami beavatkozásra a gazdaságban -, Keynes 1936-ban megjelent fő művének (*A foglalkoztatás a kamat és a pénz általános elmélete*) gondolatai váltották fel, amelyek szerint az állam feladata a piaci hibák korrigálása. Az állami beavatkozások hibáira hivatkozva azonban az 1970-es évektől az újklasszikus közgazdaságtan nyert teret, a fiskális politika és a pénzügyi szabályozás ismét háttérbe szorult. Ahogy Krugman (2012) fogalmaz, a világgazdasági válság emlékeinek elhalványulásával a spekulációkról, buborékokról, a befektetői irracionitásról szóló elméleteket felváltotta a hatékony piacok elmélete.

2.1.2. Gazdasági válságok az 1970-es évektől

Az 1970-es évek két nagy, világméretű olajválsága jellegében jelentősen eltérő a korábbi buborékoktól. A technológiai forradalom következtében az olaj stratégiai fontosságú szerepet töltött be a gazdaságban, így az olajtermelő országok érdekérvényesítő eszközévé vált a nyersolajat importáló, ipari termékeket exportáló országokkal szemben. A nyugati országok inflációja az olajtermelő országok számára romló cserearányt okozott. A konfliktust erősítette, hogy a nyugati országok az egyiptomi-izraeli háborúban Izraelt támogatták, ezzel maguk ellen fordítva a kőolajtermelő országokat (Shwadran, 2019). Kihasználva a nyugati országok olajexporttól való függőségét, a kőolajtermelő országok embargót vezettek be, amely az olajár hirtelen nagymértékű növekedését eredményezte. Az 1973-as és 1979-es olajválságok a világ gazdasági átrendeződését vonták maguk után, ugyanis az olajexportáló országok hitelező országokká váltak (Kaposi, 2004).

Az 1980-as években a kőolaj árának stabilizációját követően a „nagy mérséklődés” (Great Moderation) időszaka kezdődött el, amely egészen a 2008-as válságig az aggregált gazdasági aktivitás volatilitásának, az üzleti ciklusok ingadozásának drasztikus csökkenésével járt. Drehmann és szerzőtársai (2012) tanulmányukban a pénzügyi ciklusok hosszának és amplitúdójának növekedésére mutatnak rá ebben az időszakban. A nagy mérséklődés okait Summers (2005) foglalta össze: a jobb monetáris politikai eredmények, a készletgazdálkodás strukturális változásai, valamint a jószerencse vezethetett az üzleti ciklusok ingadozásának csökkenéséhez. A gyakori magyarázatok közül Summers (2005) azonban a monetáris politika fejlődését emeli ki.

A monetáris politikára koncentráló gazdaságpolitika célja a makroökonómiai stabilitás, az inflációs cél elérése volt, amelyek érdekében a fiskális politika és a pénzügyi szabályozások (hatékony pénzügyi piacok) háttérbe szorultak. A nagy mérséklődés, a pénzügyi dereguláció azonban a befektetőket túlzottan optimista kockázatértékelésre ösztönözte, amely a fejlődő országokban a kockázatok koncentrációjához, téves árazáshoz, túlzottan tőkeáttétes bankrendszerhez vezetett (Bean, 2010).

Ennek következményeképpen számos fejlődő ország gazdaságában valuta- és adósságválságok robbantak ki. A válságokra jellemző, hogy bár nem terjedtek ki a világ-gazdaság egészére, azonban a technológiai fejlődés, a pénzügyi rendszerek összetettsége, az egyre szorosabb kereskedelmi és hitelezési kapcsolatok hatására országcsoportokon belül, lokálisan tovagyűrűzött hatásuk.

Lámfalussy (2008) tanulmányozta a fejlődő országok legjelentősebb válságait. A latin-amerikai adósságválság 1982-1983 között a legtöbb latin-amerikai országra hatással volt. Az adósság felhalmozódásához az olajválságok és a nyugati hitelek vezettek. A hitelezőkre ebben az esetben is jellemző a túlzott bizalom, a latin-amerikai országok fizetéseképtelenné válásának lehetőségét kizárva tették lehetővé a túlzott eladósodást. A három legnagyobb mértékben eladósodott országban, Argentínában, Brazíliában és Mexikóban, továbbá Peruban és Bolíviában is hiperinfláció következett be (Sachs, 1988).

A mexikói Tequila-válság, vagy másnéven peso válság 1994 decemberében kezdődött, a peso leértékelődésével. A gazdasági összeomlást szintén megelőzte egy jelentős folyófizetésimérleg-hiány, az ország kereskedelmi liberalizációja, pénzügyi deregulációja (Musacchio, 2012). Lámfalussy (2008) kiemeli a lényeges különbségeket a két válság között. A mexikói válság esetében nem a makrogazdasági politika vezetett az összeomláshoz, nem a közszféra túlköltekezése volt jellemző, hanem a magánszféra túlzott

eladósodottsága okozta. Emellett a politikai bizonytalanság és a bankrendszer sebezhetősége is hozzájárult a kialakult helyzethez.

Az 1997 és 1998 közötti kelet-ázsiai válság során Thaiföld, Indonézia és Dél-Korea pénzügyi összeomlása következett be. Az országok jelentős devizatartozásai és az ingatlanpiaci buborék képződése váltotta ki a recessziót. Lámfalussy (2008) szerint ismét a túlzott befektetés bizonyos szektorokba (autógyártás, elektromosság), a felesleges kapacitások kialakulása, a magánszektor eladósodottsága, valamint a valuták dollárhoz rögzítése vezetett a válsághoz. Fratzscher (1998) empirikus elemzése alapján az eszközár-buborék kialakulásának és az országok legfőbb sebezhetőségének okát, a nagy tőkeáramlás melletti pénzügyi szabályozás keretrendszerének hiányosságában látja.

Néhány hónappal később, 1998-ban a válság Oroszországot is elérte, az orosz fizetőeszközt, a rubelt is spekulatív támadások érték (Chiodo & Owyang, 2002). Az orosz válság kirobbanásában a többi fejlődő országok válságaihoz hasonlóan szintén fontos szerepe volt a külső eladósodottnak, továbbá az ország intézményi és szerkezeti problémáinak. A közvetlen kiváltó okok mellett Lámfalussy (2008) az olajárzuhanás által bekövetkezett folyófizetési mérleg romlását és a tőkekiáramlás szerepét hangsúlyozza. Az államkötvények, a részvényárak és a rubel értéke is zuhanásnak indult, amely bankcsődöt és inflációt okozott. A fejlődő országok válságainak elemzése rávilágít a helyes monetáris és fiskális politika fontosságára, valamint a lelki tényezők, a bizalom gazdasági folyamatokban betöltött szerepére.

A következő jelentős globális eszközár-buborék a gazdaságtörténetben a technológiai részvényárak növekedése az 1990-es évek második felében. A technológia robbanásszerű fejlődése vonzotta a befektetőket, akik egyre magasabbra hajtották az árakat néhány részvény összeomlásáig, a technológiai részvények hanyatlásáig (Bélyácz & Pintér, 2011). A dotcom buborék kipukkanása nem vezetett tartós, világgazdasági válsághoz. Ennek okait tárja fel Jordà és szerzőtársai (2015) az eszközár-buborékok és a tőkeáttétel pénzügyi stabilitásra és makrogazdaságra gyakorolt hatásának elemzésével. A tanulmány bemutatja, hogy nem minden buborék viselkedik egyformán. Amikor a hitelboom az eszközár buborék képződését elősegíti, ahogy a 2008-as gazdasági válság során történt, akkor a buborék jelentősebb mértékben veszélyezteti a pénzügyi szektort, és mélyebb recessziót eredményezhet.

2.1.3. A 2008-as gazdasági világválság

2008. szeptember 15-én a Lehman Brothers csődbejelentését követően a pénzügyi összeomlás a korábbiaknál gyorsabban rántotta magával a nemzetközi pénzügyi piacot és mély, súlyos recessziót hagyott maga után a világ számos országában. Az elhúzódó gazdasági válság a hatalmas anyagi költségek mellett jelentős társadalmi problémákat okozott a világban. Az események eredményeképpen a gazdasági válságokkal kapcsolatos közgazdasági nézetek ismét előtérbe kerültek. Foster és Magdoff (2009), valamint Cecchetti és társai (2011) részletesen vizsgálják a gazdasági válság következményeit, a munkanélküliség és a szegénység növekedését, a nemzeti jövedelem csökkenését. Ötker-Robe és Podpiera (2013) szerint a válság által leginkább sújtott országok számára a recesszió több mint egy évtizedes gazdasági visszaesést jelent.

A következmények mellett a szakirodalom összegzi a válsághoz vezető okokat is (Acharya & Richardson, 2009; Crotty, 2009; Gorton, 2009; Obstfeld & Rogoff, 2009). A 2007-ben az Egyesült Államok másodlagos jelzáloghitel-piacáról (árnyékbankrendszer), kiinduló pénzügyi összeomlás egy tartósan alacsony globális kamatkörnyezetben, növekvő globális pénzügyi egyensúlytalanságban következett be, ahol az ingatlanárak és a pénzügyi eszközök árai képezték a buborékot (Király et al, 2008).

A hagyományos, válságot eredményező tényezők mellett azonban a nemzetgazdaságok közötti kapcsolatok vizsgálata is egyre nagyobb szerepet kap. Király és szerzőtársai (2008) szerint a válság gyors terjedése a pénzügyi integráció miatt következett be. Hasonló következtetésre jut Muraközy (2010) is: az informatikai forradalom, a pénzügyi innovációk, a nemzetközi tőke- és hitelrendszer szélsőséges szabadsága a globalizáció hatásait erősítik, amely a válság gyors terjedéséhez vezet.

1. táblázat: A gazdasági válságok legfőbb okainak összegzése a szakirodalmi elemzés alapján

Gazdasági válság	A válság kialakulásának legfőbb okai
Holland tulipánmánia	▪ eszközár-buborék képződés ▪ spekulációs láz, mániákus nyájhatás ▪ bizalom megrendülése
Déltengeri válság	
1893-as bankválság (USA)	▪ félelem a törvényes fizetőeszköz elértéktelenedésétől ▪ hitelboom
A nagy világgazdasági válság	▪ értékpapír vásárlási láz, részvénypiaci buborék ▪ növekedési illúzió ▪ az óvatosság hiánya ▪ tőkeáttétes kereskedelem ▪ túlzott hitelezés, könnyű hitelhez jutás

Olajválság I., II.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nyugati infláció ▪ rossz cserearány az olajexportáló országok számára ▪ háború (politikai érdekellentét) - embargó
Fejlődő országok válságai	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pénzügyi dereguláció ▪ fiskális politika hiánya ▪ külső adóssághalmozódás ▪ túlzott bizalom ▪ folyófizetésimérleg-hiány ▪ magánszféra túlköltekezése ▪ sebezhető bankrendszer ▪ rögzített árfolyam (kiszolgáltatottság) ▪ növekvő integráció
Dotcom válság	<ul style="list-style-type: none"> ▪ technológiai részvénybuborék
2008-2009-es válság	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tartósan alacsony globális kamatkörnyezet ▪ globális egyensúlytalanság növekedése ▪ növekvő ingatlanárak (ingatlanbuborék) ▪ pénzügyi eszközök ár növekedése (részvénybuborék) ▪ árnyékbankrendszer kialakulása ▪ bizalom megrendülése ▪ erős pénzügyi összekapcsoltság ▪ globalizáció

Forrás: saját szerkesztés.

2.2. A globalizáció és a gazdasági integráció szerepe

Gunter és Wilcher (2020) a globalizációt a „*az új technológiák, az új gazdasági kapcsolatok és a nemzetközi politikák által vezérelt fokozatos gazdasági integrációjaként*” határozza meg. A közgazdasági szakirodalom a globalizáció és gazdasági integráció előnyei mellett a hátrányait is alaposan megvizsgálja.

Farkas (2012) a pénzügyi buborékok kialakulását a globalizáció hatására vezeti vissza. Leipziger (2010) azt is kiemeli, hogy a 2008-as válság esetében a korábbi válságokhoz képest sokkal széleskörűbben és nagyobb mértékben van jelen a globalizáció, mint gazdasági jelenség. A lokalizált pénzügyi piacokat a globalizáció összekapcsolta, a hagyományos kiskereskedelmi bankrendszer magasan tőkeáttétes, globális bankrendszerre változott, ezáltal a globális egyensúlytalanságok tovább növekedtek (Sheng, 2010).

Azáltal, hogy a pénzpiacok szinte összeolvadtak, a stabilitás hamis látszata alakul ki. Az alacsony változékonysággal párhuzamosan a pénzpiac sebezhetősége, kiszolgáltatottsága nő. A szoros összekapcsoltság miatt akár egyetlen bankcsőd a teljes bankrendszer összeomlásához vezethet (Taleb, 2012), továbbá a válságok megelőzése és kezelése is nehezebbé válik (Lámfalussy, 2008). Ez annak köszönhető, hogy a pénzügyi sokkok a szorosabban összekapcsolt rendszerekben gyorsabban terjednek, a globalizáció pedig

felerősíti az információs aszimmetria jelenségét, a megbízó-ügynök problémát, és növeli a kockázatokat (Rodrik, 2014).

A globalizáció azonban számos gazdaságra ható pozitív tényezővel is rendelkezik. Leipziger (2010) a gazdasági integráció hajtóerejének nevezi az országok gazdasági összekapcsoltságának (kereskedelmi együttműködés, pénz- és információáramlás, tudásáramlás, technológiák elterjedése) növekedését. A kereskedelmi nyitottság hozzájárulhat a fejlődő országok (például Kína és Vietnám) szegénységének csökkenéséhez, megtekintheti a lehetőséget a lemaradó országok felzárkózására. Azonban néhány sikeres példától eltekintve, ahol a piaci nyitás fokozatosan ment végbe (például Kína), a lemaradó régiók felzárkózása helyett divergenciát figyelhetünk meg (Rodrik, 2014).

Edwards (2009) a globalizáció körüli vitában keres konszenzust. Megvizsgálja, hogy a globalizáció mértéke hatással van-e az országok tőkebeáramlásának hirtelen megszűnésére, azaz magyarázza-e a válságok valószínűségét a kereskedelem és a pénzügyi nyitottság. Eredményeik azonban csupán előzetesen igazolják a globalizáció országok sebezhetőségét növelő szerepét.

A globalizáció annak ellenére, hogy a legtöbb gazdasági szereplő számára kiváló lehetőséget biztosít, megosztó kérdés marad a közgazdászok között (Leipziger, 2010). Gunter és Wilcher (2020) a globalizáció nyerteseit és veszteseit vizsgálják, 160 ország gazdasági integráltságát mérik különböző mutatók alapján. Először az országok exportrészesedéseinek változását veszik figyelembe, majd az exportarányos kibocsátást és végül a tőkeáramlást vizsgálják 1985 és 2015 között. Megmutatják, hogy annak ellenére, hogy a kereskedelmi integráció globális szinten növekedett, sok ország nem vett részt a folyamatban.

Rodrik (2014) a gazdasági hiperglobalizáció előnyeit és hátrányait vizsgálva a maximális globalizáció helyett az okos globalizációt ajánlja. Szükség van egy olyan intézményrendszer kiépítésére, amely által a globalizáció hatékonyabb és fenntarthatóbb lehet. A világpiac felé nyitás ugyanis nem old meg minden nehézséget, emellett makrogazdasági és politikai stabilitás, nemzetközi kereskedelmi megállapodás és jegybanki függetlenség, pénzügyi szabályozás szükséges.

A gazdasági globalizációval és a pénzügyi integrációval kapcsolatos szakirodalomban nincs konszenzus abban a kérdésben, hogy a nemzetgazdaságok integráltságának mértéke befolyásolja-e a gazdasági válságok kialakulását. Abban azonban egyetért az irodalom, hogy a nemzetgazdaságok közötti gazdasági kapcsolatok (kereskedelem, pénzáramlás, bankrendszer) a globalizáció hatására egyre összetettebbé válnak, és a szoros

gazdasági összekapcsoltság különböző hatást gyakorol a nemzetgazdaságokra. Ezért a közgazdaságtan fontos feladata, hogy az országok között létrejövő gazdasági kapcsolatrendszereket alaposan megvizsgálja.

2.3. Hálózatelmélet a közgazdaságtanban

Azáltal, hogy a dolgozat a gazdaságot komplex társadalmi hálózatként¹ vizsgálja (Wasserman & Faust, 1994), az ott végbemenő interakciók kerülnek a középpontba. A Lenhorad Euler (1736) nevéhez köthető gráfelméleten² alapuló hálózatelmélet napjainkban a mainstream közgazdasági elméletek egyik kiegészítőjévé vált. Segítségével elemezhető a gazdaság különböző területeinek, sőt a teljes világgazdaság kapcsolatrendszerének struktúrája, illetve a szerkezetet ért változások is figyelemmel kísérhetők.

Az alfejezetben először különböző tulajdonságok alapján a hálózatok főbb típusait mutatom be, valamint a hálózatelmélet fejlődésének fontosabb szakaszait, alapmodelljeit³ (Erdős-Rényi modell, Watts-Strogatz modell, Barabási-Albert-modell). Ezt követően a különböző gazdasági hálózatokat komplex, skálafüggetlen rendszerként vizsgáló tanulmányok főbb eredményeit összegzem. A gazdasági kapcsolatok feltérképezése és a kapcsolatrendszer gazdasági hatásainak feltárása érdekében számos tanulmány alkalmaz hálózatelméleti megközelítést. A szakirodalom sokszínűségét a hálózatelmélet széleskörű alkalmazhatósága teszi lehetővé. A gazdasági szereplők (egyének, vállalatok, pénzügyi intézmények, országok) között létrejövő kapcsolatok vizsgálata számos közgazdasági szempontból is jelentős kérdésre adhat választ. Fontos megvizsgálni a kapcsolatok létrejöttéhez vezető motivációkat, a kapcsolatok erősségét vagy gyengeségét, a kapcsolatok intenzitásának eloszlását, a kapcsolatok stabilitását, fenntarthatóságát, eloszlását, a hálózat szerkezetének átalakulását.

¹ Wasserman és Faust (1994) szerint a társadalmi hálózatot véges számú szereplők (csúcsok) halmaza és a szereplők közötti kapcsolatok (él) határozzák meg.

² A gráfelmélet története 1736-ig nyúlik vissza és Leonhard Euler nevéhez és a Königsbergi hidak problémájához kötődik. A Königsberg városát átszelő folyón hét híd vezet át, amelyek négy részre osztják a várost. A Königsbergi hidak problémája: miért nem lehet végig sétálni úgy a hidakon, hogy mindegyiken egyszer haladunk keresztül, és a kiindulópontba érkezünk vissza. Euler a probléma megoldásához felrajzolta az első gráfot, amely a hálózatok ábrázolásának egyik alapja (Biggs, N., Lloyd, E. K. & Wilson, R. J. (1986) *Graph Theory, 1736-1936*Oxford University Press.). A probléma megoldása: csak akkor lehetséges végig sétálni így, ha minden sziget páros számú híddal rendelkezik.

³ A 2.3.1. alfejezetben a gráfok, hálózatok dolgozatban előforduló alapfogalmait, típusait ismertetem, a 2.3.2. alfejezetben az alapvető hálózatelméleti modelleket mutatom be. A dolgozat e részei a hálózatelméletben jártas olvasó számára kihagyhatók.

A strukturális változások, a gazdasági hálózat fázisátmenetei a korábbi szakirodalmak alapján a gazdasági válságokhoz kötődnek, ezért fontos áttekinteni a gazdasági válságok terjedését vizsgáló tanulmányokat is.

Végül az üzleti ciklusok ingadozása mögötti okok feltárását elemző szakirodalmak összegzésével zárul a szakirodalmi elemzés, amely elvezet a dolgozat konkrét kutatási kérdéseinek, feltevéseinek bemutatásához.

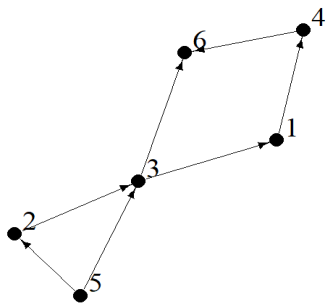
2.3.1. A hálózatok típusai

Wasserman és Faust (1994) két tulajdonság mentén kategorizálja a hálózatokat: kapcsolataik lehetnek irányítottak vagy irányítatlanok és súlyozottok vagy súly nélküliek (súlyozatlanok). Az irányítatlan hálózatok esetében a csúcspárok közötti kapcsolatnak nincs iránya, a kapcsolat kölcsönös, például a közös határokkal rendelkező országok földrajzi értelemben kölcsönösen kapcsolódnak egymással. Ezzel szemben az irányított hálózatok esetében fontos megkülönböztetni, hogy mely csúcsokból indulnak és melyekbe érkeznek a hálózat élei. Irányított hálózat például az országok kereskedelmi hálózata, valamint a doktori értekezésben vizsgált üzleti ciklusok szinkronizáltságából felírható hálózat is.

A hálózat súlyozatlan, ha élei kétértékűek (0 vagy 1), ebben az esetben a csúcsok közötti kapcsolat létezése állapítható meg, például az adott ország exportál-e egy bizonyos terméket egy másik országba. A dolgozatban vizsgált hálózat szintén súly nélküli, élei azt mutatják meg, hogy két ország üzleti ciklusa szinkronizált-e. Súlyozott hálózat esetében az élek többértékűek, segítségével kifejezhető a kapcsolat erőssége, intenzitása, mutathatja például az exportált termék mennyiségét, vagy a dolgozatban a súly nélküli hálózatokból aggregálással létrehozott súlyozott hálózat esetében a kapcsolatok gyakoriságára is utalhat (hány alkalommal figyelhető meg, hogy az adott két ország üzleti ciklusai szinkronizáltak).

Az 1. ábra egy irányított, súlyozatlan hálózat példáján ($N = \{1,2,3,4,5,6\}$) mutatja be a hálózatok két leggyakoribb megjelenítési módját. A hálózat csúcsainak száma a hálózat méretét határozza meg. A baloldali gráf segítségével leolvasható a csúcsok kapcsolatainak száma, a fokszáma, valamint a kapcsolatok számának eloszlására (fokszám eloszlás) is következtetni lehet belőle. Ebben az esetben algebrai jelölésekkel a kapcsolati listaként utalhatunk a hálózat éleire: $e_1 = (1,4)$; $e_2 = (2,3)$; $e_3 = (3,1)$; ... $e_7 = (5,3)$.

1. ábra: Az irányított és súlyozatlan hálózat gráf és mátrix



	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	0
3	1	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1
5	0	1	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0

Forrás: Wasserman és Faust (1994) és Barabási (2016) alapján, saját szerkesztés.

A hálózatok különböző mátrixalgebra jelölésekkel is leírhatók, amelyek közül a leggyakoribb a kapcsolati mátrix/szomszédsági mátrix alkalmazása. Az A_{ij} mátrix sorai és oszlopai a hálózat csúcsait jelölik, a mátrix tehát kvadratus (négyzetes). Elemei azt mutatják meg, hogy két csúcs között létezik-e kapcsolat. Súlyozatlan hálózat esetében $A_{ij} = 1$, ha i és j csúcsok között van él, $A_{ij} = 0$, ha i és j csúcs nem kapcsolódik egymáshoz. Az irányítatlan hálózatok kapcsolati mátrixa szimmetrikus $A_{ij} = A_{ji}$, minden él kétszer szerepel benne. Ezzel szemben az irányított hálózatok kapcsolati mátrixa aszimmetrikus, a mátrix sorai jellemzően a kezdő csúcsot (amelyből a kapcsolat indul), oszlopai a célcsúcsot (amelybe az él mutat) jelölik. Súlyozott hálózat esetében a bináris értékek helyett a mátrix elemei az élek súlyának értékét mutatják.

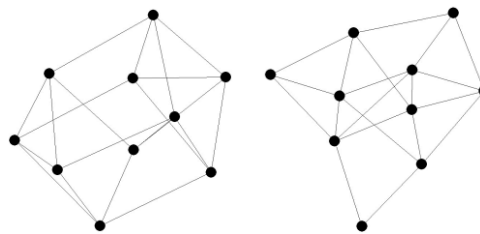
2.3.2. A hálózatelméleti modellek fejlődése

A hálózatok az élek irányítottsága és súlyozása mellett az alapján is kategorizálhatók, hogy az élek milyen minták mentén helyezkednek el a csúcsok között. Amikor minden csúcs pontosan egyenlő számú éllel rendelkezik, akkor szabályos hálózatról beszélünk. Szabályos hálózatok (2. ábra: baloldali gráf) gyakran megfigyelhetők a valós hálózatok esetében (pl. kristályrács), azonban ez a szabályosság Erdős és Rényi kutatásai alapján nem jellemző a valós, komplex társadalmi-gazdasági hálózatokra.

Erdős és Rényi (1959) azokat a hálózatokat, amelyek eltérnek a szabályos rendezési elvtől és csúcsai látszólag véletlenszerűen kapcsolódnak egymáshoz, véletlen gráfoknak, random gráfoknak nevezték el. A véletlen hálózatokat jellemzi a csúcsainak száma (N) és egy p valószínűségi paraméter. Amennyiben N csúcs minden lehetséges

élére egy 0 és 1 közötti random számot generálunk, majd az előre meghatározott p valószínűségi paraméter alapján döntünk a kapcsolat létezéséről, akkor egy várható értékben p sűrűségű véletlen hálózatot kapunk (2. ábra: jobboldali gráf), ahol a hálózati sűrűség azt mutatja meg, hogy a hálózat teljes fokszáma hányadrésze az összes lehetséges kapcsolatnak. Barabási (2016) rámutat, hogy a véletlen hálózatok elmélete az összetett rendszerek modellezésére nem alkalmazható, szerepe azonban elengedhetetlen: a véletlen hálózatokat nem a valós hálózatok modelljének kell tekintenünk, hanem viszonyítási rendszert nyújtanak az összetett rendszerek vizsgálata során. Ezt az ajánlást követi a dolgozat az elemzések során, a vizsgált valós hálózatokat véletlen hálózatokhoz hasonlítja.

2. ábra: Súlyozatlan, irányítatlan azonos méretű és fokszámú szabályos (baloldali gráf) és random hálózat (jobboldali gráf)



Forrás: saját szerkesztés.

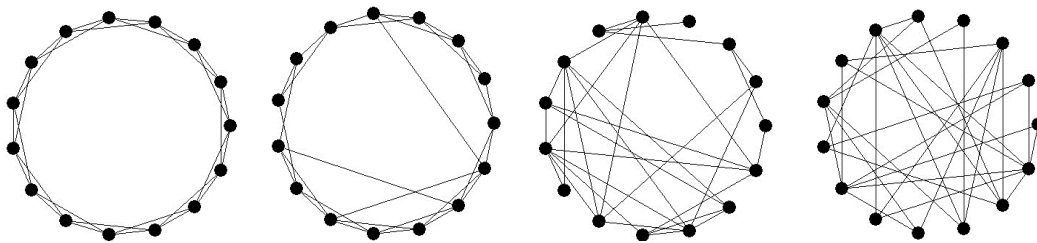
A valós hálózatok Erdős és Rényi féle véletlen hálózattól vett eltérésének oka, hogy a véletlen hálózatok fokszámeloszlása Poisson típusú, ami azt jelenti, hogy a legtöbb csúcs nagyjából ugyanannyi kapcsolattal rendelkezik, így azonban a valós hálózatokra egyébként jellemző középpontok („hub”) nem alakulhatnak ki.

A valós hálózatok szerkezetének és kialakulásának megértését segíti Watts és Strogatz (1998) elmélete a kisvilági hálózatokról. A kisvilágosság jelensége Karinthy (1929) Láncszemek című novellájában, valamint Travers és Milgram (1977) szociális hálózatokkal kapcsolatos kutatásában fogalmazódott meg először: a világban két tetszőleges kiválasztott személyt átlagosan hatlépésnyi távolság választ el egymástól. Watts és Strogatz (1998) a kisvilági hálózatokat átmeneti hálózatokként határozták meg egy szabályos, kör mentén elhelyezkedő hálózat és a véletlen hálózat között.

A 3. ábra megmutatja, hogy a szabályos hálózat éleinek fokozatos és véletlenszerű áthelyezésével először kisvilági, végül véletlen hálózattá alakul át. A szabályos hálózatban általában két csúcs között sok kapcsolaton keresztül lehet eljutni, tehát a hálózat átlagos elérési útja magas. A hálózatra jellemző a csoportok (klaszterek) jelenléte, a

hálózat magasan klaszterezett, ennek oka, hogy minden csúcs a két legközelebbi szomszédjához kapcsolódik. Azonban már néhány él áthelyezése nagymértékben csökkenti a csúcsok közötti átlagos elérési utat, de a klaszterezettség továbbra is magas marad. A magas klaszterezettséggel és alacsony átlagos elérési úttal rendelkező hálózatokat kisvilági hálózatoknak nevezzük. Ebben az esetben a hálózatban a kapcsolatok nem véletlenszerűen alakulnak ki, hanem létrejönnek olyan áthidaló kapcsolatok, amelyek egymástól távoli klasztereket kapcsolnak össze, ezzel lerövidítve a hálózaton belüli átlagos elérési utat. A kapcsolatok áthelyezése során az ábrán az utolsó gráf klaszterezettsége már jelentősen csökken, az átlagos elérési út alacsony marad, a hálózat a random gráfokra jellemző tulajdonságokkal rendelkezik.

3. ábra: Szabályos, kisvilági és random hálózatok



Forrás: Watts és Strogatz (1998) modellje alapján saját szerkesztés.

A valós, társadalmi-gazdasági hálózatok két fontos jellemzővel írhatók le: a sűrűségükhöz képest magas a klaszterezettségük, valamint középpontokkal rendelkeznek, tehát fokszámoszlásuk nem követi a Poisson eloszlást. Helyette azonban jellemzően a Pareto-elvet, a 80-20-as szabályt⁴ követik, azaz a hálózatok csúcsainak alacsony (~ 20%) hányada birtokolja a kapcsolatok nagyrészét (~80%).

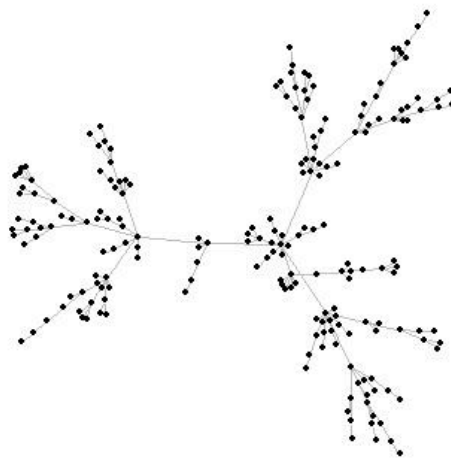
A társadalmi-gazdasági hálózatok leírására tehát nem alkalmazható az Erdős-Rényi véletlengráf elmélet a magas klaszterezettség hiánya miatt, amelyet azonban a Watts és Strogatz által kiterjesztett modell kiválóan megragad a kisvilágság jelenségén keresztül. A Watts és Strogatz hálózat azonban Erdős és Rényi véletlen hálózatához hasonlóan továbbra is Poisson fokszámoszlású, azaz a középpontok kialakulását nem írja le.

Barabási és Albert (1999) a valós, komplex hálózatok fokszámoszlását vizsgálták annak érdekében, hogy a középpontok kialakulására magyarázatot találjanak. A WEB feltérképezése során megállapították, hogy a linkek hatványfüggvény eloszlást követnek,

⁴ Vilfredo Pareto 80-20-as szabálya szerint számos esemény során az okok 20%-a felelős a következmények 80%-ért.

azaz néhány csúc (honlap) rendkívül magas fokszámmal (linkkel) rendelkezik, a legtöbb csúc kapcsolati számához képest. A hálózatban tehát annak a valószínűsége, hogy egy csúc fokszáma éppen k : $P(k) \sim k^{-\gamma}$, ahol γ a skálafüggetlenségi hatványkitevő. Azokat a hálózatokat, amelyekben a véletlen hálózathoz képest nagyobb valószínűséggel fordulnak elő szélsőséges értékek, tehát az eloszlásuk vastagfarkú, valamint a skálafüggetlenségi hatványkitevőjük, $\gamma \approx 3$ körüli értéket vesz fel, skálafüggetlen hálózatoknak kezdték nevezni. A 4. ábra egy skálafüggetlen hálózat gráf reprezentációját mutatja, a Barabási-Albert-modell alapján.

4. ábra: Egy skálafüggetlen hálózat gráf reprezentációja



Forrás: saját szerkesztés.

A Barabási és Albert (1999) által megvizsgált komplex hálózatokban a skálafüggetlen hatványkitevő 2.1 és 4 közötti értékeket vesz fel, a skálafüggetlenség tehát a legtöbb komplex, valós hálózatra jellemző. Kivételt képeznek azonban azok a hálózatok, amelyekben a csúcok kapcsolatainak száma korlátozott, például a távvezeték hálózat vagy az anyagtudomány hálózatai (Barabási, 2016). A korábban bemutatott két modellben (Erdős-Rényi és Watts-Strogatz-modell) közös, hogy a Barabási-Albert-moddal szemben nem veszik figyelembe a valós hálózatokra jellemző növekedést, azaz a hálózatba bekapcsolódó új csúcok megjelenésének lehetőségét. Barabási és Albert (1999) a komplex hálózatok egyik legfontosabb tulajdonságát, a középpontok kialakulását egyrészt a hálózat méretének növekedésével magyarázza, másrészt az új csúcok preferenciális kapcsolódásával. A preferenciális kapcsolódást azt jelenti, hogy a hálózathoz később csatlakozó csúcok előnyben részesítik azokat a már meglévő csúcokat, amelyek magasabb fokszámmal rendelkeznek. Ezáltal kialakulnak a hálózat középpontjai.

Ez azonban azt is jelentené, hogy a Barabási-Albert-modellben a legnagyobb csúcs Erdős-Rényi-modelljével szemben nem véletlenszerűen, hanem mindig a legrégebbi csúcsból alakul ki. A hálózatba korábban belépők tehát a modell szerint előnyben részesülnek. Ennek azonban ellentmondanak a valós hálózatok, nemcsak a csúcsok belépési ideje, de egyéb belső tulajdonsága (kapcsolatszerzési képesség, alkalmasság, fittség, fitness) is fontos szerepet játszik a középpontok kialakulásában (Barabási, 2016). A Bianconi-Barabási-modell továbbfejleszti a Barabási-Albert-modellt oly módon, hogy a csúcsok alkalmasságát is figyelembe veszi. A csúcsok közötti alkalmasságbeli különbségeket a Barabási-modellben felírt növekedés és preferenciális kapcsolódás felerősíti, ezzel magyarázható a hálózathoz később csatlakozó csúcsok szuperközepppontokká válása.

2.3.3. Skálafüggetlen gazdasági hálózatok

A valós társadalmi hálózatokra jellemző skálafüggetlen tulajdonság, a növekedés, a preferenciális kapcsolódás és a csúcsok alkalmassága a gazdasági kapcsolatokat leíró hálózatokban is megfigyelhető. Széleskörű szakirodalom vizsgálja a komplex gazdasági hálózatokat, a pénzügyi és a kereskedelmi hálózatokat. A topológiai elemzések, a gazdasági hálózatok szerkezetének feltárása hozzájárul a közgazdasági kérdések új megközelítésben történő megválaszolásához. A következő részben összefoglalt tanulmányok egyrészt bemutatják, hogy miért fontos a hálózatelméleti módszerek alkalmazása, másrészt bevezetik a dolgozat empirikus elemzéséhez használt módszertani alapokat, továbbá rámutatnak az országok közötti kapcsolatok vizsgálatának fontosságára, amely a dolgozat egyik fő motivációját adja.

2.3.3.1. Pénzügyi hálózatok

Sheng (2010) a pénzügyi piacok vizsgálata során a holisztikusabb megközelítés fontosságára, a hálózatelemzés szerepére mutat rá, kiemelve a rendszer összetettségét, az egyes alrendszerek egymásba ágyazottságát. A globális pénzügyi piacokra komplex hálózatként tekint, amelyben a bankok alkotják a hálózat csúcsait, összekapcsolva ügyfeleiket a szolgáltatásaikkal. A hálózatban központi szerepet játszik a központi bank, bankközi tranzakciókat közvetítő szerepe miatt. Ehhez a rendszerhez kapcsolódik a tőzsde, amelyben a tőzsdeügynökök és azok ügyfelei között definiálhatók kapcsolatok. A szerző kiemeli a rendszer sebezhetőségét, valamint gazdaságpolitikai ajánlásokat tesz, amelyekben a pénzügyi rendszer topológiájának, struktúrájának megértése áll a középpontban.

Sheng (2010) szerint a struktúra megismerése lehetőséget biztosít, hogy azonosíthatók legyenek a hálózat gyenge pontjai, valamint a legfontosabb pénzügyi szereplők,

amelyekre jellemző a „too big, to fail” (túl nagy, hogy elbukjon), vagyis ebben az esetben a „too interconnected to fail” (túlzottan összekapcsolt, hogy elbukjon) jelenség.

Boss és szerzőtársai (2004) az osztrák bankközi piac hálózati szerkezetének feltérképezése során megállapították, hogy a legtöbb bank csak néhány bankközi kapcsolattal rendelkezik, azonban néhány bank rendkívül sok bankközi kapcsolatot tart fenn. A skálafüggetlen tulajdonság megfigyelhető az Egyesült Államok kereskedelmi bankjai közötti pénzáramlás feltérképezése során is (Soramäki et al, 2007).

Garlaschelli és szerzőtársai (2005) a piaci befektetések hálózatát térképezték fel, amelyben a részvények és a részvényesek a hálózat csúcsai, a súlyozott élek a részvényesek részesedéseit jelölik az adott részvényből. A be-fokszámok az eszközök számát, a portfólió diverzifikációt, az élek súlya a befektetett vagyont, a portfólió volumenét mutatja. Három pénzügyi rendszert, az olasz részvénypiacot, a New York-i tőzsdét és a NASDAQ részvénypiacot térképezték fel, amelyekről megállapították, hogy Pareto 80-20-as szabályát követik, és skálafüggetlen hálózati szerkezettel rendelkeznek.

Amennyiben a pénzügyi piacokra olyan komplex rendszerként tekintünk, amelyben a befektetők a hálózat csúcsai, a közöttük létrejövő interakciók a hálózat élei a hálózatelemzés segítségével kiegészíthetők a hagyományos modellek (Radović & Stanković, 2012). A pénzügyi eszközök piaci árai az információ eloszlását és a befektetők várakozásait tükrözik. A befektetők közötti interakciók száma és a befektetők vagyona között szoros összefüggést állapítottak meg. A kapcsolatok eloszlása hatványfüggvény eloszlást követ, azaz a befektetők hálózata a skálafüggetlen hálózatokra jellemző tulajdonságokat tükrözi.

A pénzügyi magatartások elemzésében is segítséget nyújt a hálózatelmélet alkalmazása. Kim és szerzőtársai (2002) 500 vállalat részvényárai közötti korrelációs kapcsolatok változását tanulmányozva megmutatták, hogy a vállalatok részvényárai hatással vannak egymásra. A befolyásolás erősségének eloszlása szintén hatványfüggvény eloszlást követ. Tseng és szerzőtársai (2009) arra hívják fel a figyelmet, hogy a piaci tranzakciós hálózatok szerkezetének alakulásában az intézményeknek és a piaci szerkezetnek fontosabb szerepük van, mint a szereplők stratégiai döntéseinek.

2.3.3.2. Kereskedelmi hálózatok

A pénzügyi hálózatokon túl, a közgazdaságtan szakirodalma széleskörben alkalmazza a világkereskedelmi kapcsolatok elemzésére is a hálózatelméletet. A világkereskedelem hálózatát egyre szorosabban összekapcsolt, globalizált rendszerként vizsgálja például

Serrano és Boguñá (2003). A hálózat csúcsait a világgazdaság országai, a közöttük lévő kapcsolatokat az export és import forgalom mutatja. A topológiai elemzés során a komplex rendszerekre jellemző tipikus tulajdonságok állapíthatók meg a teljes hálózatra: jellemző a kisvilágiság és a skálafüggetlenség is. A hálózat egyes részei, az elmaradottabb országok csoportjai azonban Erdős és Rényi random gráfjának tulajdonságait mutatják. A kereskedelmi kapcsolatok száma és az országok fejlettsége (egy főre eső GDP) közötti erős pozitív korrelációt állapítottak meg, azaz a legalacsonyabb fokszámmal jellemzően a világ elmaradott országai rendelkeznek. Fagiolo és társai (2009) hasonló következtetésre jutottak. A hálózat középpontját alkotó országok a leggazdagabbak, amelyekre jellemző, hogy nagyon sok kapcsolattal rendelkeznek és kapcsolataik közül néhány nagyon intenzív, erős.

Garlaschelli és Loffredo (2004) a hálózatok csúcsainak rejtett változóját, az alkalmaságát (fittségét, fitnessét) kutatják, amely hozzájárul a skálafüggetlen szerkezet kialakulásához. Caldarelli (2002) és társai szerint ugyanis nem a preferenciális kapcsolódás vagy a hálózati dinamika, hanem a csúcsok fitness értéke - az a képessége hogy mennyire képes magához vonzani a többi csúcsot - vezérli a hálózatok evolúcióját. A világkereskedelmi hálózat esetében az országok fitness értékének alakulásában a GDP fontos szerepet tölt be (Garlaschelli & Loffredo, 2005; Hoppe & Rodgers, 2015).

Kali és Reyes (2007) a nemzetközi integrációt helyi, országos szinten vizsgálja a nemzetközi kereskedelmi kapcsolatok hálózatán. Az 1990-es évek két időszakának kapcsolati térképének összehasonlítása során megállapították, hogy a globális kereskedelmi hálózat hierarchikus szerkezetű, amelyre jellemző a mag-periféria szerkezet. Az alacsonyabb kereskedelmi volumenű országok integráltabbá váltak, szerkezetük decentralizáltabb, ezzel szemben magasabb kereskedelmi szint mellett hierarchikusabb a struktúra, amely keveset változott a két időszak között. Az országos szintű integráltság meghatározása fontos, ugyanis a szerzők eredményei alapján a pénzügyi válságok felerősödnek, amennyiben az ország, amely a sokkterjedés elindítója (epicentruma) erősen integrált a kereskedelmi hálózatban.

Hasonlóan a világkereskedelmi hálózat változásaira hívja fel a figyelmet De Benedictis és Tajoli (2011) is. A hálózat sűrűsége 1950 és 2000 között megnövekedett, az összekapcsoltság erősebbé válása mellett azonban az országok hálózatban betöltött szerepének változásait is megvizsgálják, az országok kereskedelemben betöltött szerepét rangsorolják hálózatelméleti mutatók segítségével.

Fagiolo és szerzőtársai (2009) az országok közötti export-import kapcsolatok súlyozott hálózati struktúrájának változásait vizsgálva megállapították, hogy a csúcsokra vonatkozó hálózatelméleti mutatók eloszlása 1981 és 2000 között stabil. A legtöbb korábbi tanulmány súlyozatlan hálózatként vizsgálja a kereskedelmi hálózatot. Fagiolo és szerzőtársai (2009) a kereskedelmi kapcsolatok súlyozásának egy új módszertanát dolgozta ki, amely figyelembe veszi az országpárok gazdaságban betöltött szerepét is, így a két ország egymástól való függősége is meghatározható. Megállapították, hogy a kapcsolatok súlyának log-normális eloszlása a fokozatosan az aszimmetrikus exponenciális irányba tolódik el. Az országok közötti kereskedelmi kapcsolatok hálózatának skálafüggetlen fokszámeloszlása mellett így a kapcsolatok súlyozása is skálafüggetlen.

A kapcsolati súlyok eloszlásának vizsgálata nemcsak az erős kapcsolatok feltárása miatt fontos, a gyenge kapcsolatok hálózatban betöltött szerepe Granovetter (1983) szerint a munkakeresés sikerességében kulcsfontosságú, Csermely (2005) szerint a hálózat stabilitásának nélkülözhetetlen részét alkotja. Az erős kapcsolatok alapjaiban határozzák meg a rendszert, annak stabilitásáért viszont a gyenge kapcsolatok a felelősek.

2.3.4. A gazdasági hálózatok stabilitása

A hálózatok stabilitását Csermely (2005) az alapján határozta meg, hogy az eredeti állapotuk megzavarása következtében a hálózat tulajdonságai, paraméterei mennyire változnak meg. Amennyiben a hálózatot zavar éri, a hálózat elemein megoszlik a változás, a hálózaton relaxáció következik be. A stabil hálózatok gyors relaxációra képesek. Amennyiben a hálózatot ért zavar feltorlódik, a relaxáció elmarad, akkor a zavar hirtelen terjed el a hálózatban, amely önszerveződő kritikus állapotot okozhat. A gazdasági válságok a gazdasági hálózatot érő zavarok esetén alakulhatnak ki, amikor a piac önszerveződő, kritikus állapotba kerül, amelyet Csermely (2005) „piacengésnek” nevez. A gazdaság relaxációjának akadálya lehet a többlet felhalmozódás vagy a hiánygazdaság, a termékek alul- vagy túlértékelése. A relaxáció sebessége mellett fontos a hálózat moduláris szerkezete. Amennyiben egy rendszerben a különböző funkciók egymástól elhatároltan működnek, a modulok közötti zavarok terjedése lassul.

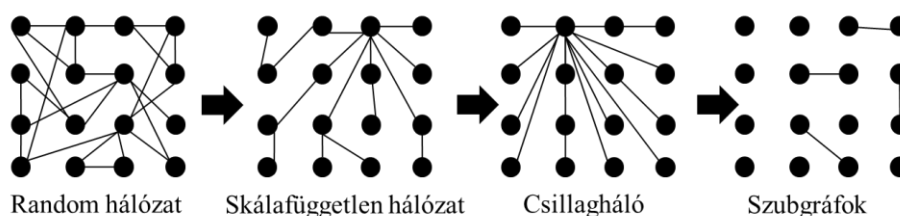
Barabási és szerzőtársai (2000) összehasonlították a különböző struktúrák stabilitását a hálózat egyes csúcsainak eltávolításával. Arra a megállapításra jutottak, hogy a hálózati struktúra, azaz a hálózati kapcsolatok elrendeződése jelentős mértékben felelős a hálózat stabilitásáért. Az Erdős és Rényi-féle véletlen hálózatok esetében bármely csúcs eliminálása ugyanakkora hatással lesz a hálózatra. Ennek oka, hogy a véletlen hálózatok

csúcsai nagyjából egyenlő fokszámmal rendelkeznek. A kapcsolatok létrejöttének valószínűsége azonos és független bármely két csúc között, ezért a hálózat szerkezete robusztus a hibákkal szemben más hálózatokhoz képest. A véletlen hálózatok struktúrájával szemben a skálafüggetlen hálózatok hibatűrésénél fontos szempont, hogy mely csúcsokat éri a támadás. A kevés fokszámmal rendelkező csúc eltávolítása nem befolyásolja jelentős mértékben a skálafüggetlen hálózat működését, sőt a hálózat csúcsainak akár 5%-a is eltávolítható a rendszer összeomlása nélkül. Azonban a középpontok a skálafüggetlen rendszereket sebezhetővé teszik a célzott támadásokkal szemben. A stabilitás tehát növelhető a decentrumok létrejöttével, egy modulárisabb szerkezettel. Csermely (2004) szerint a skálafüggetlen hálózatok rávilágítanak a gyenge kapcsolatok hálózatban betöltött szerepére, az erős és gyenge kapcsolatok optimális egyensúlyára.

2.3.5. Fázisátmenetek a gazdaságban

Abban az esetben, amikor egy hálózat nem tud stabilizálódni egy sokk hatására, energiát kezd leadni és az energia csökkenésének következményeképpen strukturális átalakuláson, Bose-Einstein kondenzáción halad keresztül (Barabási, 2016; Csermely, 2005). A random hálózat környezetének energiagazdagsága miatt képes a véletlenszerű kapcsolatok kialakulására. Az energialeadás következtében a hálózat azonban először skálafüggetlen hálózattá, majd egy egyetlen szuperközponttal rendelkező, koncentrált csillaghálóvá alakul, végül egymással nem összekapcsolódó szubgráfokká esik szét (5. ábra). A csökkenő energia hatására az információ egyre hatékonyabban tud terjedni a hálózat csúcsai között a középponton keresztül. Minél centralizáltabb a hálózat, két tetszőlegesen kiválasztott csúc között annál kevesebb élen keresztül jut el az információ, megy végbe a tranzakció.

5. ábra: A hálózatok fázisátalakulásának állomásai



Forrás: Csermely (2005, 86. o.) alapján saját szerkesztés.

Csermely (2005) a fizikából ismert topológiai fázisátmenet jelenségének analógiáját használja a társadalmi hálózatok esetében is. A társadalmi hálózatokban a szó klaszikus értelmében vett energialeadás nem történik, azonban szerkezeti átalakulások megfigyelhetők. Az archaikus ősközösség erőforrásokban gazdag véletlenszerű szerveződése

a népesség növekedésével az erőforrások relatív csökkenésével demokratikus, skálafüggetlen szerkezetűvé alakult. A demokratikus rendszer a decentralizált szerkezetnek és a gyenge kapcsolatoknak köszönhetően stabil. Azonban a gyenge kapcsolatok növekedése miatt egyre komplexebbé válik, majd a források kimerülését követően a társadalmi hálózat hierarchikusabb lesz, a csillagháló szerkezetét veszi fel, amely egy instabil diktatúrának feleltethető meg az analógiában. Az instabil szerkezet idővel önszerveződés kritikus állapota felé (szubgráfok) vezet, felkelések, forradalmak, polgárháborúk, reformok formájában.

A társadalomban és a gazdaságban az energialeadás helyett megfigyelhetjük azokat a tényezőket, például a források csökkenését vagy a tőke koncentrációját, a likviditás csökkenését, a bizalom csökkenését, amelyek a szerkezeti átalakulásokhoz vezetnek.

A hálózati struktúra azonban nemcsak a stabilitásra, de a hatékonyságra is hatással van. Sheng (2010) szerint a hatékonyság és a stabilitás között egy trade-off figyelhető meg. Az információ a leghatékonyabban a csillagháló szerkezet kapcsolatain keresztül áramlik, a tranzakciós költségek ebben az esetben a legalacsonyabbak. Ez a hálózati szerkezet viszont a skálafüggetlen és a véletlen hálózathoz képest instabil, ugyanis nem tartalmaz gyenge kapcsolatokat. A jelenség a gazdasági hálózatok esetében is megfigyelhető. A hálózat szerkezete a gazdaság teljesítményére is lényeges hatással van, a skálafüggetlenség növekedése magasabb kibocsátáshoz vezet (Sebestyén, 2010). A növekvő hatékonyság azonban célzott támadások esetén együtt jár a sebezhetőség növekedésével. Nemcsak az információ, de a hálózatot érő zavar is könnyebben és hatékonyabban, gyorsabban tud terjedni a koncentrált hálózaton keresztül. A hatékonyság és a rendszer stabilitása közötti trade-off felveti a kérdést, hogy meddig érdemes a gazdasági hatékonyságot növelni, amennyiben ennek ára a világgazdaság sebezhetőségének növekedése.

A gazdasági válságok vizsgálata szempontjából a skálafüggetlen tulajdonság fontos következtetésekre világít rá. Az országok közötti kapcsolatok hatványfüggvény eloszlása alapján meghatározhatjuk azokat az országokat, amelyek a válságterjesztést segítik, megállapíthatjuk, hogy mely országok sebezhetőbbek, a lokális sokkok esetén a többi ország gazdaságára milyen hatással lehetnek. A kapcsolatok erősségének vizsgálata során a gyenge kapcsolatok feltárásával a világgazdaság stabilitásához, sebezhetőségének csökkentéséhez kerülhetünk néhány lépéssel közelebb. A hálózatok stabilitásának elemzése a 2008-as válságot követően előtérbe került.

Schweitzer és társai (2009a) felhívják a figyelmet a gazdasági hálózat dinamikájának és struktúrájának hálózatalméleti módszerekkel történő elemzésére. Az egymással

folyamatosan interakcióba lépő, de egyéni érdekeiket követő gazdasági szereplők időnként konfrontálódnak, így a konfliktusok visszaszorítása, a rendszer hatékonyságának vizsgálata, a globális hibák elkerülése fontos feladat. A szerzők szerint a hálózatok robusztusabbá tételével a hibák hatásai csökkenthetők, sőt a hálózati szerkezet jobb megismerésével akár el is kerülhetők.

A közgazdasági szakirodalom szerint a szerkezeti átalakulások jelensége a gazdasági hálózatokban is megfigyelhető. Schweitzer és szerzőtársai (2009b) szerint a hálózatok evolúciójának vizsgálata során közelebb kerülhetünk a globalizált és volatilis gazdaság megértéséhez. Szerintük az ágensek viselkedésének pontos megértése kulcsfontosságú az összetett rendszerek elemzése során. A komplexitás miatt azonban a hálózat strukturális hibáinak megértése hiányos. Az időszorelemzés mellett a gráf- és mátrixelmélet kombinálása szükséges a modern gazdasági rendszer és kockázatainak megértése érdekében. A szerzők szerint a hálózat instabilitásáért, az ezzel járó evolúciós változásokért a tartósan változó környezet okolható. Az innováció, a társadalompolitika, de a természeti változások is fázisátmenethez vezethetnek. A jelenséget múltbeli adatokkal előrejelezni azért nehéz, mert a fázisátmenet különböző szakaszaiban teljesen eltérően viselkedhet a rendszer. Azonban a fázisátmenetek vizsgálatának segítségével egy olyan keretrendszer építhető ki, amely segítségével a válságok előrejelzéséhez, diagnosztizálásához, sőt a rendszer robusztusabbá tételéhez is közelebb kerülhetünk.

He és Deem (2010) az elmúlt 40 év alatt végbement globalizációt és recessziókat vizsgálták a világkereskedelmi hálózatban. A gazdaságot fejlődő rendszerként vizsgálták, a hálózat evolúcióját, topológiai átmeneteit állapították meg. A 40 évvel korábbi időszakhoz képest a jelenlegi világgazdasági hálózat érzékenyebbé vált a sokkokra, így a válságból való kilábalás is nehezebbé vált. Ennek topológiai oka a moduláris szerkezet csökkenése és a sokkok következtében kialakuló hierarchikusabb hálózati szerkezet. Schweitzer és társaihoz (2009a) hasonlóan kiemelik a rendszer változékonyságát, és a változásokra adott válaszok dinamikájának lassulását, amelynek oka az országok közötti összekapcsoltság növekedése.

A 2008-2009-es recesszió súlyossága a hierarchikus struktúra növekedésének következménye lehet (He & Deem, 2010). A szerzők a hierarchikus struktúra alatt azt a világkereskedelmi szerkezetet értik, amikor az erős kereskedelmi kapcsolatokkal rendelkező országok kereskedelmi modulokba rendeződnek. Akkor lesz lapos, vagyis nem hierarchikus a struktúra, amikor az országok egyenletesen kereskednek a legtöbb országgal. Az általuk említett hierarchikus szerkezet tehát összhangban van a skálafüggetlenség

fogalmával, és a skálafüggetlen rendszerek sebezhetőségének magyarázatával. Továbbá a globalizáció, a komplexitás növekedésének sebezhetőségre gyakorolt hatásaival is.

Az országok közötti kereskedelmi kapcsolatok szerkezeti átalakulása mellett a komplex, skálafüggetlen pénzügyi hálózatok strukturális változása is empirikusan megfigyelhető a 2008-as pénzügyi sokk hatására. A magyar fedezetlen bankközi forintpiac hálózati struktúrájának elemzése során Berlinger és szerzőtársai (2011) jelentős szerkezeti különbségeket figyelt meg a Lehman Brothers összeomlását megelőző és azt követő hálózati struktúrában. A hálózat méretének, azaz a bankok számának csökkenése mellett az átlagos fokszám, azaz a tranzakciók száma is visszaesett. Az átlagos elérési utak azonban már a válságot megelőzően csökkenni kezdtek, valamint 2007 elejétől megfigyelhető a piaci koncentráció is, egyre kevesebb bank vette fel a hitelek egyre jelentősebb részét. A szerzők nem foglalnak állást abban a kérdésben, hogy a koncentráció növekedése a válság előjelenek tekinthető-e, azonban a jelenség a gazdasági szereplők magatartásának megváltozására utal. A 2008-as válság alatt, sőt közvetlenül az összeomlást megelőzően, a frankfurti tőzsdepiac is koncentrálódás figyelhető meg. Wiliński és szerzőtársai (2013) két fázisátmenetet fedeztek fel 2005 és 2008 között. Nemcsak a válság előtti koncentráció, a szuperközpont kialakulását figyelték meg, hanem a válságot követő skálafüggetlen szerkezetbe való visszarendeződést is megállapították.

A varsói tőzsdén a válság alatt szintén megfigyelhető a skálafüggetlen hálózat koncentrálódása (csillagháló szerkezet), majd a szerkezet visszarendeződése (Sienkiewicz et al, 2013). A válság utáni időszakban a tőzsde topológiai térképén látható „csillagszerű ág” a szerzők szerint a válság utórengeként értelmezhető.

A koreai pénzügyi piac vizsgálata során megfigyelhető azonban a válság időszakára jellemző hierarchikusabb hálózati szerkezet, a vállalatok viselkedése összehangolttá válik, erős korreláció mutatható ki (Nobi et al, 2013). A szerzők szerint a korreláció erősödése a pénzügyi piacokon figyelmeztető jelként szolgálhat egy esetleges pénzügyi összeomlás közelségére.

A korábbi statikus szerkezeti változások helyett Gao és szerzőtársai (2013) gördülő időablakok módszerével a pénzügyi hálózat topológiájának változásait vizsgálják meg dinamikusabb szemléletben. Az S&P 500 index részvényárai közötti korrelációval felépített hálózat szerkezetére jellemző a kisvilágság, a pénzügyi válságot követően a hálózat struktúrában az empirikus elemzések során jelentős változások figyelhetők meg. Ren és Zhou (2014) a sanghaji tőzsde korrelációját 1999 és 2011 között szintén időablakok alkalmazásával vizsgálták. A korreláció szignifikáns növekedését állapították meg a

2001-es és a 2008-as pénzügyi összeomlások időszakában. A szerzők szerint a piaci összeomlások körül a részvényárfolyam variációk nagyobb valószínűséggel lesznek korreláltak. A tőzsdepiacok volatilitása és az általuk számított korreláció a válságok ideje alatt egy időpontban érték el a maximumukat.

A válság előtti, alatti és utáni hálózati szerkezetekből következtethetünk arra is, hogy az adott hálózat mely részei érintettek jelentősebben a gazdasági válság hatásai következtében. Vállalati adatok segítségével feltérképezhető, hogy az egyes gazdasági szektorokat hogyan érintette a gazdasági válság, hogyan változott meg a gazdaság struktúrája, mely szektorok kerültek előtérbe a hálózati zavar következményeképpen. Kantar (2012) és szerzőtársai 2006 és 2010 közötti időszakban 50 fontos török vállalat kapcsolati szerkezetének változásai vizsgálata során megállapították, hogy a gazdasági válságot követően a korábban is kulcsfontosságú pénzügyi szektor szerepe, valamint a gépjármű szektor hatása növekedett, az energiaszektor hatásai azonban csökkent. Ennek okai az autóvásárlás átmeneti gazdaságpolitikai ösztönzése, valamint az olajárak világpiaci árának csökkenése, amelyek hatására a török vállalatokat a gazdasági pénzügyi válság kevésbé érintette.

Összefoglalva a különböző gazdasági hálózatok topológiáját vizsgáló szakirodalmakat, megállapítható, hogy a különböző gazdasági rendszerek a valós, összetett társadalmi hálózatokra jellemző skálafüggetlen tulajdonsággal rendelkeznek. A komplexitás és a szerkezeti tulajdonságok egyik következménye lehet a válságok gyors terjedése. Az ellenállóképességet azonban számos tényező befolyásolja, például a hálózat összekapcsoltsága a sokkot megelőzően, illetve a sokkok mérete is. A gazdasági hálózatokon végbemenő sokkterjedés modellezéséhez a valós hálózatokon történő vírusterjedési modelleket alkalmazza a közgazdasági szakirodalom.

2.3.6. A gazdasági válságok terjedése

A hálózatelmélet irodalmában elsőként Watts és Strogatz (1998) a valós, kisvilági hálózatok szerkezetének meghatározásával, a kisvilágság felismerésével mutatnak rá a gyors vírusterjedés okaira. A rövid elérési utakat és általuk az információ és a vírusok gyors terjedését a magasan klaszterezett kisvilági hálózatokban az áthidaló kapcsolatok teszik lehetővé.

A skálafüggetlen hálózatok felismerését követően Pastor-Satorras és Vespignani (2001) a komplex rendszerekre általánosan jellemző tulajdonságra, a járványküszöb⁵ hiányára hívja fel a figyelmet a számítógépes vírusok terjedésének és a vírusok élettartamának vizsgálata során. A járványküszöb hiánya következtében a skálafüggetlen hálózatok képesek megtartani a fertőzéseket a rendszerben, a fertőzések élettartalmát így a terjedési ráta és a hálózat mérete befolyásolja. Boguñá és szerzőtársai (2003) is a járványküszöb hiányát tartják felelősnek a skálafüggetlen hálózatokban történő fertőzések, hibák vagy nem kívánt információk könnyű terjedése miatt. Arra a tényre is rávilágítanak azonban, hogy a középpontok nagyobb valószínűséggel továbbítják a fertőzést azon csúcsok irányába, amelyek gyengén összekapcsoltak. Az erős kapcsolatok segítségével a skálafüggetlen hálózatok hibatűrő képessége javítható. Továbbá a hálózati hibák terjedésének megakadályozásában a középpontok ellenőrzése a legfontosabb feladat (May & Lloyd, 2001).

A skálafüggetlen hálózatok általános szerkezeti tulajdonsága (kisvilágság, középpontok kialakulása, járványküszöb hiánya) mellett az összekapcsoltság mértéke, a hálózat sűrűsége is hatással van a sokkterjedésre. A szakirodalom azonban nem állapítja meg egyértelműen, hogy az összekapcsoltság növekedése a sokkterjedés ütemének növekedéséhez vagy csökkenéséhez járul hozzá. Nier és szerzőtársai (2007) megvizsgálták, hogy a pénzügyi rendszer struktúrája hogyan befolyásolja a rendszerszintű kockázatokat. Bankokból és bankközi kapcsolatokból álló bankrendszer szimulációkat készítettek, amelyek legfontosabb szerkezetet befolyásoló hálózatelméleti paramétereit - például a foksámok eloszlását, a rendszer koncentráltóságát - megváltoztatva hogyan változik a sokkterjedés.

Elemzéseik során megállapították, hogy a bankokat érő közös sokkok, továbbá a bankrendszer összekapcsoltsága növeli a rendszerszintű kockázatot. Ez azonban a szerzők szerint abban az esetben igaz, ha az összekapcsoltság alacsony szintű. Ekkor a kapcsolatok számának növekedése valóban a fertőzés terjedését növeli. Amennyiben azonban a rendszer erősebben tőkésített szinten válik még összekapcsoltabbá, akkor a további kapcsolatok csillapítják a sokkokat. Az összekapcsoltság mértéke tehát nem monoton, a kezdetben lassú kapcsolati számok növekedése fokozza a fertőzés terjedését. Egy bizonyos szint elérése után azonban az összekapcsoltság növeli a bankrendszer ellenállóképességét a sokkok ellen.

⁵ A járványküszöb egy olyan határ a fertőzött csúcsok számában, amely átlépésével elkezdődik a vírusok gyors terjedése.

Acemoglu és szerzőtársai (2015) szintén a szakirodalom által vitatott kérdésre keresik a választ: a rendszerek összekapcsoltsága milyen hatással van az ellenállóképesséjükre. Egyrészt, az irodalom szerint a sűrűbben összekapcsolt hálózatok esetében a veszteségek megoszlanak, ezért a rendszer ellenállóbb lesz egy hálózati hiba során – ahogy a bankrendszer szimulációja során is. Ezzel szemben a sűrű összeköttetés destabilizációhoz vezet, mert a rendszerhibák előtt jobban megnyílik az út. A szerzők szerint a rendszer ellenállóképessége a sokkok méretétől függ. Kisebb sokkok esetén a sűrű összekapcsoltság ellenállóbbá teszi a rendszert, azonban nagyobb sokkok esetén a hibák növekedését eredményezi. A tanulmány szerint tehát ugyanazok a tényezők vezetnek a rezilienciához, a rugalmas ellenálláshoz, illetve a rendszerszintű kockázatok növekedéséhez is. Ezt Csermely (2005) stabilitással kapcsolatos elgondolásai is alátámasztják. A kisebb hálózati hiba esetén relaxáció megy végbe a hálózaton, a nagyobb hiba esetén pedig megtörténik a feltorlódás, és „hálóregés” történik. Ezek alapján komplex gazdasági rendszerünk lehetővé teszi a kisebb sokkok gyors terjedését, tehát a gyors relaxációt is, viszont nagy válságok esetén jelentős problémákat okoz a gazdaságban, ahogy 2008-ban a Lehman Brothers összeomlásakor történt.

A pénzügyi válság mély, elhúzódó globális gazdasági világválsággá alakult, amely azt mutatja, hogy a világgazdasági hálózatot ért sokk hatására a hálózat ellenállóképessége nem volt elegendő a sokk kivédésére, a veszteségek megosztására, a relaxációra. Ennek okait a szakirodalom empirikus elemzésekkel vizsgálja.

A globális makrogazdasági hálózat topológiáján a gazdasági válságok terjedési mintáit vizsgálták meg Lee és szerzőtársai (2011). A gazdaság különböző csatornáit közül 175 ország kereskedelmi kapcsolatainak adatait használták fel. A kereskedelmi adatok mellett az országok 2002 és 2006 közötti átlagos GDP adatait alkalmazták. Az országok közötti sokkterjedés a makrogazdasági teljesítmény mellett jelentős mértékben függ a lokális és globális összekapcsoltságtól is. Igazolják a gyenge kapcsolatok és az indirekt összeköttetések válságterjesztésben betöltött fontos szerepét, szimulációkkal mutatják be, hogy a dominóhatás ezeken a szinte láthatatlan kapcsolatokon keresztül is képes elindulni. Megállapították azonban, hogy a jelenlegi hálózati szerkezet hibátűrőképessége magasabb a még inkább globalizált random hálózati szerkezethez képest. Eredményeik Rodrik (2014) következtetéseivel összhangban egy, a globalizáció, az országok közötti összekapcsoltságból eredő rejtett költségre utalnak, amely a sebezhetőség növekedésében jelentkezik.

Garas és szerzőtársai (2010)⁶ a nagyvállalatok közötti tulajdonosi kapcsolatokat országos szinten vizsgálták, a hálózat csúcsai az országok, élei a vállalatok közötti kapcsolatok. A szerzők megállapították, hogy a fertőzés valószínűsége a kapcsolatok erősségétől, azaz az országok közötti tulajdonosi kapcsolatok számától és a célország erősségétől, azaz súlyozott fokszámától függ. A célország súlyozott fokszáma és GDP szintje szintén szoros kapcsolatot mutattak ki. Egy hálózatelemzési rangsoroló módszer segítségével az országokat válságterjesztési képességeik alapján rangsorolták, és arra a következtetésre jutottak, hogy a hálózat legközpontibb országainak egyedül a fele tartozik a magas jövedelmű országok közé. Az Egyesült Államok és más nagy ország mellett az alacsonyabb jövedelemmel rendelkező országok esetében is kimutatták a fertőzésre való hajlandóságot (például Belgium esetében). Leila (2011) szintén azt vizsgálta, hogy a gazdasági hálózatok topológiája milyen hatással van az országok kibocsátására, azaz, hogy a kereskedelmi és pénzügyi hálózatelemzési mutatók magyarázzák-e a GDP növekedését az USA kezdeti sokkját követően. Az eredmények alapján elmondható, hogy a kereskedelmi integráció növeli a válság súlyosságát, azonban a pénzügyi integráció a válságból való kilábalást gyorsítja.

Askari és szerzőtársai (2018) a világkereskedelem súlyozott és irányított hálózatán végbement 2008-as válságterjedést hasonlították össze szimuláció segítségével az országok export sokkokra adott reakcióival. A modell szimulálni képes a 2008-as globális válságot, valamint leírja a gazdasági rendszer komplex viselkedését is. A korábbi irodalmakkal összhangban megmutatja, hogy a hálózat robusztus, ugyanakkor mégis törékeny. Amennyiben a sokk egy másik világkereskedelmi központot érint, a hatások nagyon hasonlóak lehetnek. A kisebb országok esetében a sokk azonban jelentősen nem befolyásolta a világkereskedelmi hálózatot a szimulációk során.

Del Rio-Chanona és szerzőtársai (2020) a globális pénzügyi rendszer stabilitását szintén szimulációk segítségével vizsgálták meg. A tanulmányban feltérképezték, hogy egy adott ország pénzügyi nehézségei milyen pénzügyi csatornákon keresztül okoznak pénzügyi nehézségeket más országokban. Ezeket a csatornákat egy többretegű hálózat segítségével ábrázolták, amelyben a csúcsok a globális pénzügyi rendszer országai, az élek a pénzügyi eszközök, a hálózat rétegei pedig az eszköztípusok. A módszer lehetővé teszi, hogy a különböző eszköztípusokon belüli és azok közötti kapcsolatok is feltérképezhetők legyenek. Az országokat hálózatelemzési rangsorolási módszerekkel

⁶ Garas és szerzőtársai (2010) a globális gazdasági hálózatot SIR („susceptible-infected-recovered”) járványmodell segítségével elemezték.

fontossági sorrendbe állították. Eredményeik szerint számos nagy európai ország hátrébb sorolódott a 2008-as válságot követően, és több nagy ázsiai ország rangja magasabb a válság előtti rangsorhoz képest. A többrétegű hálózatelemzés segítségével elvégzett elemzés eredményeiben a fontos országok száma nagyjából kétszerese a korábban vizsgált, összesített (kapcsolati típusokat figyelmen kívül hagyó) elemzésekhez képest.

2.3.7. A gazdasági idősorok szinkronizáltsága

A globalizáció, a kereskedelmi integráció makroökonómiai változókra, elsősorban a kibocsátásra gyakorolt hatásait érdemes holisztikusan is megvizsgálni. Az egyre szorosabb összekapcsoltság ugyanis nemcsak egy adott ország gazdasági idősorait befolyásolja, hanem az országok gazdasági mutatóinak szinkronizáltságára is hatással lehet.

Széleskörű szakirodalom vizsgálja az országok gazdasági idősorainak együttmozgását, időbeli változását, sőt a makroökonómiai sokkok feltérképezése is megvalósulhat a gazdasági idősorok szinkronizáltságának vizsgálatán keresztül. Az országok üzleti ciklusai közötti korreláció arra utal, hogy az adott országok, országcsoportok tartósan ugyanabban a növekedési fázisban vannak. A szinkronizáltság oka lehet egyrészt az országokat közösen érintő sokkok, másrészt egy adott országot érintő sokk terjedése az ország különböző gazdasági kapcsolatain keresztül (Cooke et al, 2015).

Arčabić & Škrinjarić (2021) tanulmánya alapján az országok kibocsátásának változásának 50-90 százalékát magyarázza az üzleti ciklusok átgyűrűződése az országok között, főként a 2008-as válság időszakában. Ez az átgyűrűződés szimmetrikus, azaz az üzleti ciklusok szinkronizáltabbá váltak a válságot követően. A szerzők a korábbi és az új európai uniós országok csoportjain belül vizsgálta meg a konjunktúraciklusok átgyűrűződését és szinkronizációját. A tanulmány szerint a nagymértékű szinkronizáció korlátozza a nemzeti stabilizációs politikát, elsősorban az új tagállamok érzékenyebbek a korábbi tagállamokból származó konjunktúraciklusok átgyűrűződésére, így kitettségük, sebezhetőségük is magasabb. Ugyanakkor elősegítik a sikeres közös monetáris politikát az Euroövezetben, egy integráltabb Európát eredményez. Paramaguru (2019) szerint is a sikeres valutaövezet egyik kulcseleme az üzleti ciklusok szinkronizáltsága.

Az üzleti ciklusok szinkronizáltságának vizsgálata tehát egyrészt a makrojelenségek terjedésének feltérképezése miatt fontos, másrészt az optimális valutaövezetek, kereskedelmi megállapodások, a nemzetközi koordináció mértékének megállapítása során is kardinális jelentőségű.

A legtöbb tanulmány jellemzően adott országok jövedelmei (vagy más makrogazdasági mutatói) közötti korrelációs kapcsolatokat vizsgál néhány részmintán, és arra a kérdésre keresi a választ, hogy változott-e a gazdasági idősorok együttmozgása, illetve, hogy növekedett-e az üzleti ciklusok szinkronizáltsága. A tanulmányok jelentős része az országok GDP növekedési ütemét vagy a trendszűrt GDP idősorok ciklikus komponenseit elemzi, néhány tanulmány pedig más makrogazdasági mutatók együttmozgását vizsgálja.

Doyle és Faust (2002; 2005) a szinkronizáltságot a GDP növekedési ráták együttmozgásán keresztül elemzi, a szinkronizáltság növekedésének két lehetséges okát tárja fel. Egyrészt, a korábban említett, egyre erősödő integráltság a világgazdaságban, amely által a sokkok terjedését elősegítő csatornák is erősebbé válnak. Másrészt azonban a GDP együttmozgás felerősödéséhez vezethet az is, ha a globális, mindenkit érintő sokkok gyakrabban fordulnak elő a világgazdaságban. A szerzők azonban a G-7 országok vizsgálata során nem találtak bizonyítékot a GDP növekedési ütemek együttmozgásának tartós növekedésére.

Kose és szerzőtársai (2003) szerint a globalizáció azért vezet a gazdasági idősorok (a GDP és a reál fogyasztás) szinkronizáltságának növekedéséhez, mert a kereskedelmi és pénzügyi piacok integrációja növeli a makrogazdasági változások tovagyrúzó határait. Diebold és Yilmaz (2013) a termelési idősorok elemzése során hasonló eredményre jutottak a korrelációs módszert továbbfejlesztve, egy variancia dekompozíció alapján általuk készített kapcsolatmérési technológia segítségével, a G-7 országok vizsgálata során.

Antonakakis és szerzőtársai (2016) az üzleti ciklusok szinkronizáltságának elemzését 27 fejlődő és fejlett ország egy főre eső GDP növekedési rátájának, és a trendszűrt ciklikus komponensének együttmozgásán vizsgálja. A tanulmány 1870 és 2013 között 4 fontos történelmi időszak gazdasági szinkronizáltságát hasonlítja össze holisztikus megközelítésben, hálózatelméletet alkalmazva. Az üzleti ciklusok szinkronizáltsága csökkent az aranystandard (1875-1912) és a nagy gazdasági világválság és világháborúk időszakában (1913-1944), amelyeket a szinkronizáció növekedése követett. A Bretton Woods-korszak (1945-1972) azonban ismét alacsonyabb szinkronizációval jellemezhető, a vizsgált időszak végén a lebegő árfolyam és a 2008-as válság idején (1973-2013) érte el a szinkronizáció legmagasabb fokát.

Szintén az üzleti ciklusok magas együttmozgását tapasztalta Gomez és szerzőtársai (2012) az Európai Unió országai közötti kapcsolatok elemzése során. A GDP növekedési adatainak korrelációján alapuló hálózatokat vizsgáltak 1980 és 2006 között,

gördülő időablakok alkalmazása mellett. Eredményeik alapján az Európai Unióhoz korán csatlakozó országok közötti szinkronizáció stabil maradt a 2008-as pénzügyi válság során, az új belépő országok GDP növekedésének szinkronizáltsága azonban eltérően alakult.

A sokkterjedésről pontosabb következtetésekre vezethet, amennyiben a makroökonómiai idősorok közötti nemcsak korrelációs elemzést végzünk, hanem az országok idősorainak ok-okozati mintáit is feltérképezzük. Sander és Kleimeier (2003) a nemzetközi piacokon amerikai dollárban forgalmazott államkötvények napi kamatfelárának idősorait vizsgálta az ázsiai országokban. Granger-okság tesztek alkalmazásával a válságterjedést vizsgálták 1996 és 2000 közötti napi adatokon, 4 periódust hasonlítottak össze egymással. Az ázsiai válság esetében regionális szinten, az orosz válság esetében országos szinten is megváltoztak az ok-okozati minták. Az okság teszt alkalmazása továbbfejleszti a hagyományos korreláción alapuló, piaci függőségek változásait vizsgáló tanulmányok módszertanát az okság létezésének és irányának meghatározásával.

Selover (2004) hasonló elemzéseket végez a Korea és Japán közötti gazdasági kapcsolat feltérképezésére makroökonómiai (ipari termelés, árszínvonal, kamatláb, pénzkínálat, árfolyam) és kereskedelmi adatok felhasználásával. A tanulmány arra a kérdésre keresi a választ, hogy az üzleti ciklusok áttevődnek-e egymásra a két ország között, illetve van-e egymásra makroökonómiai hatása a két országnak, valamint, hogy ez a hatás 1960 és 2002 között hogyan változik. Továbbá megvizsgálja, hogy az egyik ország gyengesége hogyan hat a másik ország sebezhetőségére⁷. A korrelációs elemzés mellett oksági elemzést és vektor autoregresszív modelleket is alkalmaz.

2.3.8. Az üzleti ciklusok szinkronizációjának okai

Az országok üzleti ciklusainak szinkronizációja mögötti okokra hosszú ideje keresi a magyarázatot a szakirodalom. Egyrészt közgazdasági elméleti modellek, másrészt empirikus elemzések keresik a választ arra, hogy melyek azok a közös sokkok, amelyek szimmetrikusan hatnak az országok gazdasági növekedésére, illetve, hogy egy országspecifikus sokk hatására mely csatornákon keresztül gyűrűződnek át a konjunktúraciklusok az országok között. Az elmélet és az empirikus elemzések eredményei gyakran mondanak ellent egymásnak, nincs konszenzus az üzleti ciklusok szinkronizációját meghatározó tényezők szerepéről (Backus et al, 1992; Beck, 2019; Dées & Zorell, 2012).

⁷ A tanulmány szerint Japán gazdasága mérsékelt hatást gyakorol Korea gazdaságára, ám ez a befolyás idővel egyre növekvő.

Ebben az alfejezetben elsőként a legfontosabb elméleti modellek összefoglalása, majd az empirikus elemzések összegzése következik. Végül az üzleti ciklusok szinkronizációjának lehetséges okainak, azok közül kiemelten a - dolgozatban is vizsgált és az irodalomban talán legtöbbször vitatott - kereskedelem és nyitottság fontos szerepének a vizsgálatára kerül sor.

Az egymástól függő országok, a nyitott gazdaságok elméleti modelljeinek alapjai Mundell (1962) és Fleming (1962) nevéhez köthetők (Boughton, 2003). Cantor és Mark (1988) azonban kiemeli a Mundell-Fleming modell korlátait, bírálja a fordított transzmissziós mechanizmust: fix árfolyamrendszerben a külföldi gazdaság expanzív fiskális politikája a külföldi kibocsátásra pozitív, de a hazai kibocsátásra negatív hatást gyakorol, a lebegő árfolyam mindkét országra pozitívan hat, a külföldi monetáris politikai expanzió esetében pedig ezek ellenkezője következik be. Ez az eredmény az empirikus elemzésekkel ellentmondásos. A szerzők egy kétszereplős sztochasztikus modell alapján, racionális várakozásokat feltételezve, tökéletes informáltság és tökéletesen mobil tőke mellett arra a következtetésre jutottak, hogy a külföldi országspecifikus termelési sokkok nemcsak a külföldi, de a hazai jövedelemre is pozitív hatással vannak. A jövedelemre gyakorolt hatás átgyűrűződésének oka, hogy a szereplők megosztják kockázataikat a pénzügyi piacon. A szerzők szerint ez a pozitív átgyűrűződés a kereskedelem természetes következménye, amely által mindkét gazdaságban nagyobb jólét biztosítható.

Backus és szerzőtársai (1992) a zárt gazdasági reál üzleti ciklus (RBC) modellt terjesztették ki nyitott, kétországos modellre, amely keretei között a hazai és nemzetközi üzleti ciklusok jellemzőit is megvizsgálták. A modellben a nemzetközi hitelezés, valamint az országokat érintő sokkok, és azok közötti kapcsolatok jelentősen befolyásolják az aggregált ingadozások nagyságát és jellegét. A nyitott gazdaságokban az országok fogyasztási és beruházási döntéseit már nem korlátozza az országok saját termelése. Eredményeik alapján az elméleti modell és az empirikus elemzés között a legjelentősebb eltérést az mutatja, hogy a modellben az országok fogyasztása közötti korreláció erősebb a kibocsátáshoz képest, viszont az adatok alapján az országok közötti kibocsátás korrelációja erősebb.

A modellt Kose és Yi (2001) szállítási költségek, azaz különböző kereskedelmi intenzitások bevezetésével egészítették ki annak érdekében, hogy az empirikus kutatásokkal összhangba kerüljön a standard nemzetközi RBC modell. Eredményeik azonban továbbra is ellentétesek az empirikus eredményekkel, A modell szerint a magas kereskedelmi intenzitás alacsonyabb konjunktúraciklus-korrelációval jár, az empirikus

elemzések alapján azonban ez a hatás ellentétes. A szerzők szerint az ellentmondásos eredmények oka lehet, hogy a modellből hiányzik az a feltevés, hogy a megnövekedett kereskedelem általában fokozott specializációt eredményez.

Kose és Yi (2006) későbbi tanulmánya a nemzetközi kereskedelem üzleti ciklusokra gyakorolt hatásainak empirikus eredményiből indult ki, azaz, hogy az erősebb kereskedelmi kapcsolatok az országok üzleti ciklusainak erősebb korrelációját eredményezi. A három szereplőt (országot) tartalmazó RBC modellben két eszközpiaci struktúra esetében vizsgálták a megnövekedett termékpiaci integrációt: a teljes piac és a nemzetközi pénzügyi autarkia esetében. A három szereplőre azért van szükség, mert így az ország-párok nem fedik le a teljes világgazdaságot a modellben, hanem a világ többi részéhez képest – a valósághoz hasonlóan – kicsik tudnak maradni. Eredményeik szerint mindkét esetben a magasabb kereskedelem nagyobb korrelációt eredményez az országok üzleti ciklusai között, de az empirikus eredményekhez képest alacsonyabb a modell segítségével kimutatott hatás.

Slanicay (2013) kétszereplős, monopolisztikus, újkeynesi DSGE modell segítségével mutatta be, hogy a különböző, strukturális sokkok (termelési, munkakínálati, beruházási, fogyasztási, fiskális és monetáris sokkok) hogyan hatnak az országok makrováltozói közötti konvergenciára. A szerző motivációja megvizsgálni, hogy milyen hatással lenne Csehország gazdaságára az Európai Monetáris Unióhoz való csatlakozása, ezért a modellben figyelembe veszi a két szereplő mérete közötti különbséget is egy paraméter segítségével. Eredményeik alapján a termelékenységi sokkok a leginkább aszimmetrikus hatásúak, ezért ez a sokk eltérő üzleti ciklusokat eredményez. Ellenben a beruházási sokkok a legszimmetrikusabb hatásúak, azaz a leginkább járulnak hozzá az üzleti ciklusok szinkronizáltságához. A sokkok hatása a fogyasztás esetében aszimmetrikus, az infláció esetében mérsékelten szimmetrikus és erőteljesen szimmetrikus a beruházások, a kibocsátás és a kamatlábak esetében.

Kollmann (2019) kétszereplős, két termékes (egy hazai és egy importált termék), dinamikus modelljében teljes pénzügyi piacot feltételezve vizsgálja meg az üzleti ciklusok szinkronizációját, amelyet országspecifikus termelékenységi sokkok generálnak. A modell a háztartások rekurzív intertemporális preferenciáit (a háztartások jelenbeli hasznossága függ a jövőben várható hasznosságtól) és a háztartások munkakínálatának enyhe vagyonhatását tételezte fel, amely következménye, hogy a modellben a béremelés mindenképpen növeli a munkakínálatot. A két feltétel együttesen hozzájárul az országok közötti üzleti ciklusok szinkronizációjához. Amennyiben az egyik országot érinti a pozitív

termelékenységi sokk (és nő az ország jövedelme), akkor a külföldi ország kereskedelmi feltételei javulnak, a külföldi munkaerő-kereslet is növekedik (enyhe vagyonthatás mellett), amely következménye, hogy mindkét országban nő a GDP. A modell amellet, hogy az empirikus elemzésekben eredményül kapott országok közötti (GDP, munkakínálat és beruházás) korrelációt képes kimutatni sokkal realisztikusabb, magasabb reálárfolyam változást mutat a hagyományos modellekhez képest.

Beck (2019) tanulmányában egyrészt felhívja a figyelmet a közgazdasági modellek és az empirikus eredmények közötti ellentmondásokra, továbbá alaposan megvizsgálja azokat a szakirodalom által felvetett magyarázó tényezőket, amelyek az országok üzleti ciklusainak szinkronizációjához vezethetnek. Korrelációs elemzésének alapjaihoz 26 Európai Unió ország 1999 és 2011 közötti trendszűrt GDP adatait használja fel. A korábbi szakirodalmak alapján 43 lehetséges meghatározó tényezőt vizsgál meg Bayes-modellátlagolás segítségével. Eredményei alapján a migráció, az árfolyamváltozások, a termelési struktúrák hasonlósága, a teljes tényezőtermelékenység (TFP) sokkok, az árfolyampolitika hasonlósága, az iparágon belüli kereskedelem, a kockázatmegosztás és a tökemobilitás robusztusan magyarázza az üzleti ciklusok szinkronizációját. Azonban a bilaterális kereskedelem, az FDI, a monetáris politika hasonlósága, a gravitációs változók, valamint a monetáris unióban és szabadkereskedelmi övezetekben való részvétel magyarázó ereje gyenge és bizonytalan. A szerző kiemeli, hogy az üzleti ciklusok szinkronizációjában a kereskedelem szerkezete fontosabb, mint nagysága.

Ahogy a tanulmányban is kiemelt szerepet kap a bilaterális kereskedelem, az országok kereskedelmi nyitottságának hatása az üzleti ciklusok szinkronizációjára, úgy a korábbi szakirodalomban is az egyik legtöbbet vitatott kérdés. A korai empirikus elemzések 10 ipari ország esetében mérsékelt, pozitív szignifikáns kapcsolatot állapítottak meg a kereskedelem kölcsönös függősége és a ciklikus makrogazdasági magatartás között (Canova & Dellas, 1993). A trendszűrt kibocsátások (GDP, GNP) együttmozgását korrelációval határozták meg. Az eredmények azonban a trendszűrés különböző módszerei esetén nem robusztusok, továbbá a kereskedelem szerepe az 1973 előtti időszakban erősebb a későbbiekhez képest. Frankel és Rose (1997; 1998) 20 iparosodott ország bilaterális kereskedelmi adatai és üzleti ciklus adatai közötti korrelációt vizsgálta 30 időszakon keresztül. Empirikus eredményeik szerint a közelebbi kereskedelmi kapcsolat szorosabb korrelációt eredményez az országok üzleti ciklusainak együttmozgása között.

Shin és Wang (2005) az üzleti ciklusok együttmozgása és a növekvő kereskedelem közötti két fontos összefüggésre világítanak rá. Egyrészt a keresleti sokkok

következményeképpen a növekedés a kereskedelmi partnereken keresztül, az import növekedésével tovaggyűrűzni képes. Másrészt, a növekvő kereskedelem a fiskális és monetáris politikák összehangolásának szükségességét igényli, ami ezáltal a fiskális és monetáris politikai sokkokat is szinkronizálja. A szerzők 14 európai ország 1977 és 1999 közötti adatainak felhasználásával, három részmintán vizsgálták meg az üzleti ciklusok együttmozgását, korrelációs elemzést alkalmazva panelregressziós becslések segítségével megállapították, hogy az iparágon belüli kereskedelem az egyik legfőbb csatornája az európai országok üzleti ciklusainak együttmozgásának.

Baxter és Kouparitsas (2005) 100 fejlődő és fejlett országot tartalmazó adatbázison vizsgálták az üzleti ciklusok szinkronizáltságát potenciálisan meghatározó tényezőket: az országok közötti bilaterális kereskedelmi kapcsolatok mellett például az országok teljes kereskedelmét, a szektorális szerkezetet, az export és import kosarak hasonlóságát, egyéb gravitációs változókat. Az üzleti ciklusok szinkronizáltságát az országok trendszűrt (BP-filter) GDP idősorai közötti korrelációval mérik. Megállapították, hogy két ország közötti magasabb bilaterális kereskedelem robusztusan (a gravitációs tényezők figyelembevételével és azok nélkül) korrelál az országok közötti magasabb üzleti ciklusok korrelációjával. Az országok üzleti ciklusainak szinkronizáltságát a bilaterális kereskedelem mellett szignifikánsan növeli, ha mindkét ország iparosodott ország, továbbá, ha mindkét ország fejlődő ország. A gravitációs változók közül egyedül az országok közötti távolság hatása robusztus.

További tanulmányok is megerősítik az eredményeket, amelyek szerint a kereskedelem intenzitása befolyásolja az üzleti ciklusok szinkronizáltságát, azonban a korábban bemutatott tanulmányokhoz képest ez a hatás kisebb. Inklaar és szerzőtársai (2008) 1970 és 2003 közötti időszakban 21 OECD ország üzleti ciklusainak szinkronizáltsága és kereskedelmi intenzitása közötti kapcsolatot vizsgálták. A kereskedelmi intenzitás hatása a szinkronizációra továbbra is kimutatható, azonban Baxter és Kouparitsas (2005) eredményeihez képest jelentősen kisebb mértékben. Inklaar és szerzőtársai (2008) a magyarázóváltozók kiválasztása során ugyan követik Baxter és Kouparitsas (2005) ajánlásait, kiegészítik azt számos további változóval, mint például a monetáris politikai hasonlóságokkal, amelyet a rövid-távú kamatlábak korrelációjával mérik, valamint a fiskális politikai hasonlóságokkal, amelyet a költségvetési deficit által ragadnak meg, továbbá a pénzügyi integrációval és a specializáció mértékével. Eredményeik szerint a változók legalább olyan mértékű hatást gyakorolnak az üzleti ciklusok szinkronizáltságára, mint a kereskedelmi intenzitás. Di Giovanni és Levchenko (2010) szerint egy adott gazdasági

szektorban a magasabb bilaterális kereskedelem a kereskedelmi partnerországok között növeli a szektoron belüli és szektoron kívüli gazdasági szinkronizációt. Ez a pozitív hatás azonban eltérő az országok különböző részhalmazai esetén: az OECD országok között a hatás erősebb, mint a nem OECD országok vagy az OECD és nem OECD országok között.

Dées és Zorell (2012) az 1993 és 2007 közötti időszakban vizsgálta meg 56 ország trendszűrt kibocsátása és a termékpiaci integrációja (bilaterális kereskedelem és a világ nominális kibocsátásának szorzatának az országok nominális kibocsátásához viszonyított aránya), a pénzügyi integrációja (FDI alapján), valamint a termelési szerkezete közötti kapcsolatokat. Az empirikus elemzés Imbs (2004; 2006) tanulmányaira épül, azt terjeszti ki az országok szélesebb körére. Eredményei megerősítik, hogy a kereskedelmi integráció és a hasonló termelési szerkezet hozzájárul az üzleti ciklusok szinkronizációjához.

Blonigen és szerzőtársai (2014) 10 éves reál GDP adatok trend és ciklikus komponenseinek együttmozgását, korrelációját vizsgálta kereskedelmi partnerországok között. A modell eredményei alapján a nemzetközi kereskedelmi kapcsolatok jelentősen befolyásolják a sokkok kibocsátásra gyakorolt hatásait, a trendkomponens vizsgálata azonban a ciklikus együttmozgással ellentétes eredményeket mutat, tehát a GDP trend komponensének együttmozgása szignifikánsan gyengébb az egymással intenzívebben kereskedő országok esetében. Ezzel szemben a korábbi eredmények szerint az üzleti ciklusok együttmozgása az egymással intenzívebben kereskedő országok között nagyobb. A kereskedelmi nyitottság és a trend komponensek együttmozgása között a szerzők nem találtak kapcsolatot.

De Soyres és Gaillard (2020) 1970 és 2009 közötti időszakban 135 fejlődő és fejlett ország GDP együttmozgása és kereskedelme közötti kapcsolatát vizsgálta meg. A tanulmány számos új ötlettel járul hozzá a szakirodalomhoz. Egyrészt a kétoldalú kereskedelmi adatokat felbontja köztes input termékek és végső felhasználású termékek kereskedelmére, az országokat pedig magas és alacsony jövedelmű országok csoportjára. Másrészt a szerzők új hálózati közelségindexeket állapítottak meg az országpárokra, amely segítségével a rendszerszintű, kölcsönös függőséget, egy harmadik országnak való közös kitétséget pontosabban ragadja meg a modell. Eredményeik alapján megállapították, hogy a magas jövedelmű országok üzleti ciklusainak erősebb korrelációját eredményezi az input termékekkel történő kereskedelem, míg az alacsony jövedelmű országok esetében a végső felhasználású termékek kereskedelme a meghatározó. A hálózatelméleti indexek alapján pedig arra a következtetésre jutottak, hogy az úgynevezett elsőrendű közös

kitettség, azaz a közvetlenebb kapcsolatok erősebbek a magas jövedelmű országok esetében, míg a közvetett, másodrendű közös kitettség az alacsony jövedelmű országok esetében erősebb.

2.4. Kutatási kérdések

Összefoglalva a bemutatott szakirodalmakat megállapítható, hogy a 2008-as pénzügyi összeomlás a korábbi válságokhoz képest gyorsabban söpörte végig a nemzetközi piacot. A pénzügyi piacok integrációja növekedett, a világgazdaság országainak kapcsolatrendszere a globalizáció hatására egyre összetettebbé vált, így komplex hálózatként elemezhető. A szorosan összekapcsolt rendszerek egyrészt hozzájárulnak a sokkokkal szembeni ellenállóképesség növekedéséhez, másrészt azonban, éppen a szoros kapcsoltság miatt, gyorsabb terjedést tesznek lehetővé, így sérülékenyebbé is válnak a célzott támadások, illetve az erős sokkok esetében.

A sokkokra adott reakciót nagymértékben befolyásolja, hogy milyen az országok közötti kapcsolatok szerkezete, valamint az is, hogy a sokkterjedés következtében a gazdaságban eloszanak-e a veszteségek, vagy felhalmozódnak, ezáltal gazdasági összeomláshoz vezethetnek. Az egyes országok belső hibatűrési kapacitása mellett tehát fontos megvizsgálni, hogy a sokkhatások milyen módon és csatornákon terjednek a világgazdaság országai között.

Ennek fényében a doktori értekezésben az első kutatási kérdés, hogy növekedett-e a gazdasági idősorok integráltsága az elmúlt fél évszázadban. A szakirodalomban ugyanis nem született konszenzus a gazdasági idősorok szinkronizációjának időbeli változásával kapcsolatosan. A dolgozatban Doyle és Faust (2002), valamint a további üzleti ciklusok együttmozgását vizsgáló tanulmányok főbb eredményeit (Baxter & Kouparitsas, 2005; Blonigen et al, 2014; Inklaar et al, 2008; Kose & Yi, 2006) egészítem ki, hálózat-elemzési módszerek felhasználásával, Gomez és társai (2012), Diebold és Yilmaz (2013), valamint Antonakakis és társai (2016) elemzéseire hasonlítan.

A sokkok országok közötti terjedésének vizsgálatát azonban a korrelációs elemzésnél finomabb, oksági kapcsolatok feltárásán alapuló módszerekkel egészítem ki, hasonlóan Sander és Kleimer (2003), valamint Selover (2004) elemzéseire. Utóbbiakhoz képest azonban újdonsága a dolgozatnak, hogy szélesebb, több országot lefedő mintát vettem alapul, valamint a terjedési hálózatok szerkezetének hálózatelméleti, topológiai vizsgálatával egészítem ki az elemzést. A disszertációban tárgyalt második kutatási kérdés, hogy változott-e a sokkok terjedésének szerkezete a világgazdaságban és ha igen,

milyen minták mentén. Ezzel Doyle és Faust (2002) további feltevései is középpontba kerülnek. Amennyiben változott az országok kapcsolatrendszerének szerkezete, az alátámasztja, hogy az üzleti ciklusok szinkronizáltságának növekedését az integráció okozza sokkterjedést elősegítő szerepével.

Szemben azokkal a tanulmányokkal, amelyek korreláción vagy oksági kapcsolatokon keresztül vizsgálják a sokkterjedést, a dolgozatban az e kapcsolatokból felírható hálózati szerkezet topológiai tulajdonságaira helyezem a hangsúlyt, hasonlóan Matesanz és Ortega (2016) munkájához. A szerzők 1950 és 2013 között vizsgálták meg az európai országok GDP adataiból felírható hálózat topológiáját. A korrelációs és oksági kapcsolatok időbeli változásait Diebold és Yilmaz (2013) és Gomez és szerzőtársai (2012) tanulmányában is alkalmazott gördülő időablakos módszerrel elemezték annak érdekében, hogy az Európai Unió közös monetáris politikájának hatékonyságát értékeljék. Az euró bevezetését követően nem állapítható meg jelentős változás az üzleti ciklusok szinkronizációjában, azonban a 2008-as pénzügyi válság során szerkezeti átalakulásokat figyeltek meg.

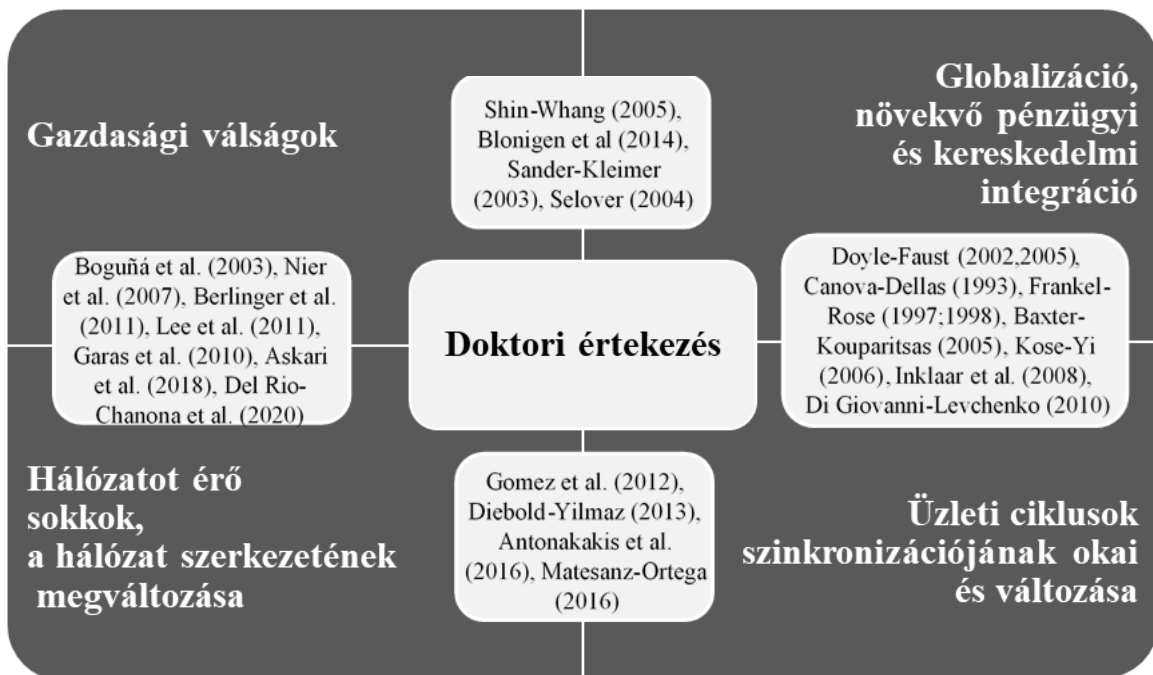
A doktori értekezés is követi ezt a dinamikus megközelítést az országok szélesebb körét vizsgálva, kiemelve a gazdasági válságok hálózati struktúrára gyakorolt hatásait. A dolgozatban további hálózati tulajdonságok elemzésével segítem ennek feltérképezését. A megfigyelt hálózatok időbeli alakulásának összevetése a különböző referenciahálózatok időbeli változásával megválaszolja, hogy véletlenszerűen alakult-e át a hálózat szerkezete a gazdasági válság hatására.

Végül a doktori értekezés 4. fejezetében Canova és Dellas (1993), Frankel és Rose (1998), Shin és Wang (2005), Baxter és Kouparitsas (2005), Blonigen és szerzőtársai (2014), Inklaar és szerzőtársai (2008), Kose és Yi, (2006) gondolatai alapján az üzleti ciklusok együttmozgását befolyásoló tényezőket, elsősorban az országok kereskedelmi nyitottságának hatásait vizsgálom meg újra. A korábbi irodalmakkal ellentétben az elemzés azonban nem korrelációs koefficiensok kiszámítására, hanem az üzleti ciklusok adatain alapuló Granger-okság tesztekkel felépített hálózatok kapcsolatainak vizsgálatára (a kereskedelmi nyitottságra) épít logisztikus panelregresszió segítségével. Az elemzés kiterjed az országok közötti GDP együttmozgás becslésére, majd az eredményeket összevetve a hálózatok robusztusságát teszteli, valamint választ ad a kutatási kérdésre.

A doktori értekezés tehát széleskörű, a gazdasági idősorok együttmozgását vizsgáló tanulmányokon alapul. Ezek a tanulmányok a dolgozatban is feltett kérdések egyes részeit kutatják. Az értekezés újdonságát azonban az adja, hogy ezeket a kérdéseket

integráltan vizsgálom. Az üzleti ciklusok együttmozgását a hagyományostól eltérően Granger-okság teszt segítségével térképezem fel, emellett a gazdasági válságok terjedése kerül a fókuszba, mindezt holisztikus elemzés keretein belül, hálózatelemzéssel. Így a kereskedelmi integráció hatásainak vizsgálata nem közvetlenül, az üzleti ciklusok együttmozgásán, hanem egy oksági kapcsolatokon alapuló hálózaton történik. Az 6. ábra bemutatja a doktori értekezésben előforduló legfontosabb témakörök közötti kapcsolatokat továbbá rámutat a dolgozat szakirodalomban betöltött szerepére.

6. ábra: A doktori értekezés szakirodalomban betöltött szerepe



Forrás: saját szerkesztés.

3. Az üzleti ciklusok szinkronizációjának változásai a gazdasági válságok hatására

A doktori értekezés 3. fejezetében megvizsgálom, hogy a világgazdaság országai milyen mértékben hatnak egymásra gazdasági teljesítményük alapján, azaz, hogy üzleti ciklusaik szinkronizálódnak-e egymással, valamint, hogy megfigyelhető-e az üzleti ciklusok szinkronizációjának növekedése.⁸ Amennyiben a makrogazdasági mutatók együttmozgása tapasztalható, fontos azt is megvizsgálni, hogy ennek mi lehet az oka. A globális sokkok gyakoribbak, vagy szerkezeti átalakulás következett be az országok közötti sokkterjedésben? Doyle és Faust (2005) gondolatai alapján amennyiben a sokkok terjedésének szerkezetében megfigyelhetők jelentős átrendeződések, az integráltság növekedésére következtettek. Ellenkező esetben a szorosabb együttmozgáshoz nem a globalizáltabb világgazdaság, hanem az országokat egyszerre, szimmetrikusan érintő gyakoribb sokkok vezetnek.

Az üzleti ciklusok szinkronizáltságának vizsgálata során a legtöbb tanulmány (Blonigen et al, 2014; Doyle & Faust, 2005; Kose et al, 2003; Selover, 2004; Shin & Wang, 2005) makrogazdasági változókra, elsősorban a kibocsátásra koncentrált, ezt követem a doktori értekezésben is. A GDP adatok azonban nem határoznak meg közvetlen módon egy hálózatot. Ahhoz, hogy hálózatként elemezhető legyen az országok üzleti ciklusainak szinkronizációja, az országok közötti kapcsolatok definiálása szükséges.

A 3.1. alfejezet azoknak a módszereknek a bemutatásával kezdődik, amelyek segítségével a különböző GDP adatokból hálózatok építhetők. Ezt követően az elemzéshez rendelkezésre álló adatbázis majd a hálózatelemzés során alkalmazható standard mutatók bemutatása következik.

A 3.2. alfejezetben az országok közötti kapcsolatokat, az idősorok szinkronizáltságát határozom meg két módszerrel: egyrészt a szakirodalomban gyakrabban alkalmazott Pearson-féle korrelációs koefficiensek segítségével, majd Granger-okság teszttel. Mindkét hálózat csúcsait az országok jelentik, a csúcsokat összekötő élek értelmezése azonban különböző. A korrelációs elemzésben a kapcsolatok az országok üzleti ciklusainak együttmozgását, a Granger-okság esetében üzleti ciklusok országok közötti átgyűrűződését jelenti. A kapcsolatok értelmezése is rávilágít a két módszer közötti

⁸ A fejezetben felhasználom és kiegészítem Iloskics, Z. & Sebestyén, T. (2021) A sokkterjedés szerkezeti jellemzőinek változásai a fejlett gazdaságok között. *Statisztikai Szemle*, 99(7), 661-699., valamint Sebestyén, T. & Iloskics, Z. (2020) Do economic shocks spread randomly?: A topological study of the global contagion network. *PLoS one*, 15(9), e0238626. tanulmányok eredményeit.

különbségekre. A korrelációs elemzés érzékeny az országokat egy időben érintő sokkokra, nem alkalmas ok-okozati kapcsolatok feltárására.

Másrészt, a dolgozatban az üzleti ciklusok azonosítása két különböző módszerrel történik. Kiindulásképpen követem azokat a korai tanulmányokat (Doyle & Faust, 2002; 2005; Shin & Wang 2005), amelyek az országok GDP növekedési ütemeinek együttmozgását vizsgálják. A legtöbb tanulmány (Canova & Dellas, 1993; Frankel & Rose, 1997; 1998; Kose & Yi; 2006; Baxter & Kouparitsas; 2005, Inklaar et al. 2008; Blonigen et al. 2014) azonban a vizsgált idősort trend és ciklikus komponensekre bontja különböző trendszűrési módszerekkel, majd az országok közötti komponensek együttmozgását vizsgálja meg. A dolgozatban ezekhez a tanulmányokhoz hasonlóan, annak érdekében, hogy az eredmények robusztussága is ellenőrizhető legyen, az elemzéseket megismétlem a trendszűrt idősorok ciklikus komponenseinek felhasználásával.

A különböző módszerekkel felépített hálózatok időbeli strukturális változásainak feltárása során megállapítható, hogy a 2008-as válság cezúrát képez a vizsgált időszakban. A 3.3. alfejezetben a válság-időszakok kiszűrését követően a legfontosabb elemzések újbóli elvégzésével megvizsgálhatók a válságok hálózati struktúrát befolyásoló hatásai. Továbbá a sokkterjedési kapcsolatok dinamikájának vizsgálatára is ebben a fejezet-részben kerül sor.

A 3.4. alfejezetben a mintába került országok körét 42 országra bővíttem, ebben az esetben azonban rövidebb idősorokon végzem el a topológiai elemzéseket, amelyek során ezúttal kisebb hangsúly kerül az idődimenzió figyelembevételére. Az időablakok összevonásával részletesebben megvizsgálom az országok sokkterjedésben betöltött szerepét. A 2. táblázat összefoglalja az egyes modellváltozatokat, illetve megmutatja azok helyét a dolgozatban. A táblázat előre tekint a dolgozat 4. fejezetére is, amelyben két vizsgált hálózat kapcsolatainak kialakulását magyarázom panel-ökonometriai becslések segítségével.

2. táblázat: A különböző módszerekkel felépített hálózatok helye a dolgozatban

Adat	GDP növekedési adatok		HP-szűrt GDP adatok ciklikus komponens	
	Korreláció	Granger-oktság	Granger-oktság	
	Válságokat tartalmazó		Válságokat tartalmazó	Válságszűrt
25 ország	3.2.	3.2.	3.2.	3.3.
42 ország	-	4.	3.4 és 4.	3.4

Forrás: saját szerkesztés.

3.1. Felhasznált adatok, módszertan

A dolgozatban az országok gazdasági hálózatokként történő leírásához kapcsolati mátrixokat alkalmazok. Ebben az alfejezetben bemutatom a kapcsolati mátrixok létrehozásához használt különböző módszereket, majd ismertetem a fejezetben felhasznált adatbázist, végül bemutatom a legfontosabb hálózatelméleti mutatókat, amelyeket a topológiai elemzésekhez alkalmazok.

3.1.1. A kapcsolati mátrix felépítése

A hálózat csúcsai az országok, az élei az országok idősorainak együttmozgását, szinkronizációját tükrözik. A hálózatok felépítéséhez meg kell határozni azt, hogy pontosan hogyan ragadhatók meg az országok kibocsátásai közötti szinkronizációs kapcsolatok, valamint, hogy a különböző módszerek segítségével megállapított kapcsolatok hogyan értelmezhetők, mennyire összehasonlíthatók egymással. A hálózatok csúcsait és éleit, a csúcsok és élek közötti leképezést, az információt, a hálózat topológiáját a kapcsolati mátrix sűríté matematikailag jól kezelhető formátumba, ezért a hálózatok felépítéséhez a kapcsolati mátrixok elemeinek meghatározása az első lépés. Az \mathbf{A} kapcsolati mátrix általános a_{ij} eleme azt mutatja meg, hogy az i és j csúcsok között létezik-e kapcsolat. A kapcsolati mátrix elemei ebben az esetben binárisok, értékük 0 vagy 1. Az a_{ij} elemek meghatározása két módszerrel, a korreláció és a Granger-okság tesztelésével történik.

A pénzügyi idősorok, valamint az üzleti ciklusok szinkronizációjának változásait vizsgáló szakirodalomhoz (Diebold & Yilmaz, 2013; Gomez et al, 2012) hasonlóan gördülő időablakokat alkalmazok az elemzések során.

Adott i ország GDP növekedésére/ciklikus komponensére vonatkozó megfigyelést a τ időszakban (negyedév) $x_{i,\tau}$ jelöli. A vizsgált teljes idősorokat egymással átfedő részügyidőablakokra osztom fel. Az adott i ország t időablakát ($x_{i,t}^w$) leíró adatok a következőképpen definiálhatók: $x_{i,t}^w = (x_{i,t} | x_{i,t} \in \{x_{i,t}, x_{i,t+1}, \dots, x_{i,t+51}\})$. Az időablakok indexálásához az adott ablak kezdő negyedévet használom.

Az időablakok definiálását követően az idősorokból többféle módszerrel készíthetők el az országok hálózatát leíró kapcsolati mátrixok. Elsőként a Pearson-féle korrelációs együtthatók módszerét alkalmazom, ami a vektorpárok közötti együttmozgás vizsgálatának standard módszere.

A korreláción alapuló hálózatelemzésre számos példa található a szakirodalomban. Egyrészt a pénzügyi idősorok, például a különböző eszközök árfolyamváltozása

közötti korrelációs kapcsolatok elemzését (Gao et al, 2013; Nobi et al, 2013; Ren & Zhou, 2014), másrészt a GDP növekedési ráták (Doyle & Faust, 2002; 2005), illetve a trend és ciklikus komponensek együttmozgását is vizsgálták a közgazdasági irodalomban (Canova & Dellas, 1993; Frankel & Rose, 1997; 1998). Azonban a hálózatelemzési megközelítést ritkán alkalmazzák (Antonakakis et al, 2016; Gomez et al, 2012) az üzleti ciklusok dinamikus vizsgálata során.

Ebben az esetben a kapcsolati mátrix a_{ij} elemeinek meghatározásához kiszámíthatók a korrelációs együtthatók országpáronként. Megvizsgálom, hogy létezik-e lineáris kapcsolat, vagy lineárisan függetlenek-e egymástól az országok idősorai. Annak érdekében, hogy a korrelációs eredmények összevethetők legyenek a későbbiekben alkalmazott Granger-okság tesztelésen alapuló eredményekkel, a korrelációs együttható kiszámítása során egy periódusos késleltetést alkalmazok. Minden időablakon belül valamennyi országpárra szükséges kiszámítani a korrelációs koefficienseket az alábbi módon:

$$\rho_{ij,t} = \frac{1}{N-1} \sum_{\tau=t}^{t+51} \left(\frac{x_{i,\tau} - \bar{x}_{i,t}}{\sigma_{i,t}} \right) \left(\frac{x_{j,\tau-1} - \bar{x}_{j,t}}{\sigma_{j,t}} \right) \quad (1)$$

ahol $\rho_{ij,t}$ az i és j országok idősorai közötti korrelációs együttható a t időablak adatain számolva, $\bar{x}_{i,t}$ az i ország növekedési rátáinak vagy ciklikus komponenseinek átlaga a t időablakban, $\sigma_{i,t}$ pedig az i ország növekedési rátáinak vagy ciklikus komponenseinek szórása a t időablakban.

A számítások elvégzésével az időablakok számával megegyező számú korrelációs együttható mátrix és p-érték mátrix képezhető, amelyek segítségével valamennyi időablakra meghatározhatók a korrelációs kapcsolati mátrixok elemei a következő módon. A korreláció szignifikanciájának vizsgálatához, minden országpár és időablak esetében a következő hipotézist tesztlem: $H_0: \rho_{ij,t} = 0$. Ez tehát időablakonként számos hipotézis egyidejű tesztelését vonja maga után részlegesen átfedő mintákon. A hipotézisek többszörös tesztelése azonban növeli annak az esélyét, hogy túlbecsüljük a hálózatok kapcsolatainak számát, a tévesen elutasított hipotézisek (elsőfajú hiba) felhalmozódása során. A hamis felfedezési arány az FDR (false discovery rate), amely a tévesen elutasított (tehát valóban elfogadni szükséges) nullhipotézisek várható aránya. Az FDR kontrollálása érdekében Benjamini és Hochberg (1995) módszerét alkalmazom, Groppe (2020) `fdr_bh` Matlab függvénye alapján. Az alapértelmezett 5%-os hamis felfedezési arány mellett a függvény korigálja a konfidencia intervallumokat (és a p-értékeket), csökkentve ezzel a

tévesen elutasított hipotézisek felhalmozódását, tehát esetünkben a hálózatok csúcsai közötti téves kapcsolatok számát. A kapcsolati mátrix elemei ebben az esetben ($a_{ij,t}^K$) tehát:

$$a_{ij,t}^K = \begin{cases} 1, & \text{ha } p_{ij,t} \leq f_{ij,t}, i \neq j \text{ és } \rho_{ij,t} > 0 \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}, \quad (2)$$

ahol $p_{ij,t}$ a $\rho_{ij,t}$ korrelációs együtthatóhoz tartozó p-érték, $f_{ij,t}$ pedig az FDR módszer alapján meghatározott kritikus érték.

Ez azt jelenti, hogy amennyiben adott országpár idősorai között pozitív, szignifikáns korreláció állapítható meg, a kapcsolati mátrix eleme 1 lesz, azaz az országpár között kapcsolat van. Negatív, vagy nem szignifikáns korreláció esetén a kapcsolati mátrix értéke 0, a két ország közötti (pozitív) korrelációs kapcsolat nem létezik. A pozitivitás azért szükséges feltétel, mert a GDP növekedési ráták szinkronizáltságát keressük, így a negatív korreláció az elemzés szerint nem teljesíti az országok teljesítményének azonos irányú mozgására vonatkozó feltételét. Az időbeli késleltetés okán a kapcsolati mátrixok aszimmetrikusak, így a felírt hálózatok irányítottak, ami ebben az esetben azt jelenti, hogy ha i ország és j ország növekedési rátái között van késleltetett kapcsolat az adott t időablakban, az nem jelenti automatikusan, hogy j ország és i ország növekedési rátái között is létezik késleltetett kapcsolat ugyanebben a t időablakban.

A szakirodalomban gyakran alkalmazott korrelációs elemzés első közelítésben jó mutatója az idősorok szinkronizáltságának. A módszer előnye, hogy két változó közötti lineáris függőségi kapcsolat feltárására alkalmazható, attól függetlenül, hogy ez a két változó között fennáll-e valamilyen oksági kapcsolat. Ebben az esetben a módszer segítségével megállapítható, hogy két ország GDP növekedési üteme között van-e lineáris függőség, azaz, hogy a GDP növekedési ütemek együtt mozognak-e. Ez azonban nem jelenti azt, hogy i ország GDP növekedési üteme befolyásolja (okozza) j ország GDP növekedését.

Két jelenség közötti ok-okozati összefüggés feltárásához az idősorelemzésben széleskörben elterjedt a Granger-okság tesztelés alkalmazása. Fontos hangsúlyozni, hogy a Granger-okság teszt az idősorok közötti együttmozgás feltárására alkalmas, azonban az így megállapított oksági kapcsolat nem minden esetben jelent tényleges ok-okozati összefüggést. Ez azt jelenti, hogy egy A esemény bekövetkezése nem jelenti szükségképpen B esemény bekövetkezését. A tényleges okság létezésével kapcsolatos ellentétes nézeteket és a különböző filozófiai megközelítéseket Rappai (2011) tekinti át. A Granger-okság

szerint A akkor Granger-oka B -nek, ha jobb előrejelzést kapunk A -ra úgy, hogy B a magyarázó változók között szerepel, mint amikor csak A múltbeli értékeit vizsgáljuk.

Különböző gazdasági idősorok közötti Granger-oksági kapcsolatokat és azok változásait gyakran vizsgálja a közgazdasági szakirodalom. Balcilar és Ozdemir (2013) például Japán exportja és kibocsátása közötti, Kar és szerzőtársai (2011) a MENA országok pénzügyi fejlődése és gazdasági növekedése közötti oksági kapcsolatokat elemzi, azok időbeni változását a dolgozatban is alkalmazott gördülő ablakok segítségével vizsgálja.

A Granger-okság tesztelés alkalmas a kapcsolati mátrixok elemeinek meghatározására is. Ebben az esetben a hálózat csúcsai az országok, (irányított) élei pedig az országok idősorai között fennálló oksági kapcsolatok. Zheng és szerzőtársai (2012) hasonló módon járulnak hozzá a rendszerszintű kockázatok vizsgálatához. A szerzők főkomponens analízis használata mellett vizsgálják 10 Dow Jones index Granger-okságon alapuló „dinamikus oksági indexét” és annak változásait a 2008-as válság körüli időszakban. A tanulmány nem hálózati elemzés, azonban az általuk számított index tulajdonképpen a hálózatelemzésben gyakran alkalmazott sűrűség mutatóval egyezik meg (a megfigyelt kapcsolatok számának és az összes lehetséges kapcsolatok számának hányadosa). Megállapításaik szerint az okozati összefüggések száma meredeken növekszik a pénzügyi válságot megelőzően, így megragadva a rendszerszintű kockázat növekedését a válság ideje alatt.

A makroökonómiai jelenségek terjedésének feltérképezése érdekében a doktori értekezésben a páronkénti Granger-okság teszt felhasználható a kapcsolati mátrixok elemeinek meghatározása során. Ebben az esetben i és j országok között akkor feltételezhető kapcsolat, ha i ország üzleti ciklusa Granger-oka j ország üzleti ciklusának. Ennek fényében Granger (1969) és Sims (1980) alapján a dolgozatban azt vizsgálom, hogy az i ország τ időszaki GDP növekedési rátájára vagy ciklikus komponensére ($\hat{x}_{\tau,i}$) jobb előrejelzést kapunk-e, ha j ország korábbi GDP növekedési üteme vagy ciklikus komponense ($x_{\tau-l,j}$) is a magyarázó változók között szerepel. A páronkénti Granger-okság a következő két-egyenletes regressziós modell segítségével tesztelhető minden országpár esetében Boldi (2020) Granger_Cause_1 Matlab függvénye alkalmazásával:

$$\hat{x}_{\tau,i} = \alpha_0^1 + \sum_{l=1}^L \alpha_l^1 x_{\tau-l,i} + \varepsilon_{\tau} \quad (3)$$

$$\hat{x}_{\tau,i} = \alpha_1^2 + \sum_{l=1}^L \alpha_l^2 x_{\tau-l,i} + \sum_{l=1}^L \beta_l x_{\tau-l,j} + \mu_{\tau} \quad (4)$$

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_l = 0$$

Az első egyenlet (3) a szűkebb (restricted) modellt vizsgálja, amely egy autoregresszív folyamatot ír le L számú késleltetés mellett. A szűkebb modellben az i ország GDP növekedésének becslése kizárólag saját múltbeli értékei alapján történik. A késleltetések számának meghatározásához a Bayes-féle információs kritériumot (BIC) veszi figyelembe a program. A bővebb (unrestricted) modell (4) azonban j ország múltbeli adatait felhasználva készít előrejelzést. A modellek becslését követően kiszámolható az összes országpárra az F-statisztika a két modell (3) és (4) eltérés-négyzetösszegeinek (RSS) felhasználásával:

$$F_{i,j} = \frac{RSS_1 - RSS_2}{\frac{RSS_2(N-L)}{L}} \quad (5)$$

Ahol RSS_1 és RSS_2 a két modell (3) és (4) eltérés négyzetösszegei, N a mintanagyság. Az így kapott tesztstatisztikák alapján kiszámítható az F-érték valószínűsége ($P(F_{i,j})$), annak tesztelésére, hogy a j ország GDP növekedése szignifikánsan hozzájárul-e i ország GDP növekedésének magyarázatához. A ciklikus komponensek esetében, a szignifikáns F-statisztika azt mutatja meg, hogy amennyiben j ország eltér a hosszú távú egyensúlyi pályától (a trendtől), i ország gazdasági körülményei, ciklikus helyzetére is megváltozik. A korrelációs vizsgálathoz hasonlóan a páronkénti Granger-okság tesztelése során is szükséges a többszörös hipotézis teszt (FDR) elvégzése.

Mindezek alapján a t időablakokban a Granger-okságon alapuló kapcsolati mátrixok elemei ($a_{ij,t}^G$) a következőképpen definiálhatók:

$$a_{ij,t}^G = \begin{cases} 1, & \text{ha } p_{ij,t}^G \leq f_{ij,t}^G, i \neq j \\ 0, & \text{egyébként} \end{cases}, \quad (6)$$

ahol a G felső index a Granger-okság hálózatot jelöli, $p_{ij,t}^G$ a Granger-okság teszt p-értéke, $f_{ij,t}^G$ pedig az FDR teszt kritikus értéke. A korreláción alapuló hálózathoz hasonlóan, a Granger-okságon alapuló kapcsolati mátrixok is aszimmetrikusak, így a létrehozott hálózatok is irányítottak, azaz, az országok egymásra gyakorolt gazdasági hatásai nem feltétlenül kölcsönösek.

3.1.2. Adatok

A számítások kiindulópontját egyrészt a mintába vont országok GDP növekedési ütemének idősorai adják, másrészt – az eredmények robusztusságának ellenőrzése érdekében – a mintába vont országok GDP szintjeinek trendszűrését követő ciklikus komponensek.

3.1.2.1. GDP növekedési adatok

Az országok közötti makrogazdasági szinkronizáció vizsgálata negyedéves, szezonálisan kiigazított GDP növekedési adatok felhasználásán alapul, amelyek a korábbi negyedévhez képest százalékos változásban az OECD adatbázisában állnak rendelkezésre. Az OECD országok adatszolgáltatása az SNA (Nemzeti Számlák Rendszere) alapján történik, így az országok növekedési rátái összehasonlíthatók egymással. Az adatok földrajzi lefedettsége, azaz a mintába vont országok száma és a vizsgált idősor hossza között fennálló, hiányzó adatok mennyiségéből adódó trade-off miatt az OECD adatbázisa két - hiányzó adatot nem tartalmazó - adatbázisra szűkíthető, amelyek a dolgozatban különböző elemzésekre használhatók fel.

Az első adatbázis egy hosszabb időszakot, de ezáltal kevesebb országot fed le (a továbbiakban: hosszú idősor). A gazdasági idősorok szinkronizáltságának elemzésekor a dolgozatban a mintába vont országok kiválasztásakor az egyik legfőbb szempont, hogy az országok kibocsátási adatai a lehető leghosszabb időszakra álljanak rendelkezésre. 1961 második negyedéve és 2019 harmadik negyedéve között 25 országra érhetőek el az adatok: Amerikai Egyesült Államok, Ausztrália, Ausztria, Belgium, Dánia, Dél-afrikai Köztársaság, Dél-Korea, Egyesült Királyság, Finnország, Franciaország, Görögország, Hollandia, Írország, Izland, Japán, Kanada, Luxemburg, Mexikó, Németország, Norvégia, Olaszország, Portugália, Spanyolország, Svájc, Svédország. Az első adatbázist tehát 25 ország alkotja, és országonként 234 megfigyelésből (GDP növekedési adatból) áll.

A hosszabb idősorok elemzése, a nagyobb mintaelemszám fontos előnye, hogy lehetővé teszi, a hálózat topológiájának hosszabb időszakon, több időablak elemzésével történő megfigyelését, ezáltal több gazdasági válság kapcsolati struktúrára gyakorolt hatása térképezhető fel. Fontos azonban hangsúlyozni a választott adatbázis korlátait is. A mintába ugyanis az országoknak csak egy speciális részhalmaza kerül be, amelyek már korán, egészen az 1960-as évek elejétől összegyűjtötték a nemzeti jövedelem adataikat. Ezek az országok jellemzően fejlett országok, amelyek kapcsolati szerkezete a szakirodalom (Serrano és Boguñá, 2003; Fagiolo et al, 2009) szerint eltérhet a fejlődő országok

kapcsolati szerkezetétől (a fejlett országok általában magasabb fokszámmal rendelkeznek, mint a fejlődő országok). Az elemzés során ezt az esetleges torzítást szükséges figyelembe venni.

A második adatbázis rövidebb időszakot, azonban több országot fed le (a továbbiakban: rövid idősor). Ebben az esetben az országok kiválasztásában a legfőbb szempont az volt, hogy a lehető legtöbb országot tartalmazó hálózat topológiai elemzése készüljön el, azonban továbbra is elegendő legyen a megfigyelések száma az egyes időablakokban a Granger-okság tesztelésére. 1996 harmadik negyedéve és 2019 harmadik negyedéve között 42 ország (országanként 93 megfigyelés) GDP növekedési adatai érhetőek el. Argentína, Bulgária, Brazília, Chile, Csehország, Észtország, Magyarország, Indonézia, India, Izrael, Litvánia, Lettország, Új-Zéland, Lengyelország, Románia, Szlovákia és Szlovénia került a rövidebb időszakot lefedő mintába a korábbi 25 ország mellett. Annak ellenére, hogy a rövidebb idősorba került országok is csak egy részhalmaza a világgazdaság országainak, erre a mintára már várhatóan kevésbé jellemző a korábban említett torzítás, ugyanis fejlődő országok is bekerültek a vizsgált országok körébe.

3.1.2.2. Trendszerű GDP adatok

A GDP növekedési ütemek idősorainak szinkronizációja mellett a trendszerű GDP idősorok ciklikus komponenseinek együttmozgását is vizsgálja a dolgozat. A ciklikus komponenseken alapuló vizsgálatokat részben az is motiválja, hogy a növekedési ráták esetén a válságperiódusokban a növekedési ütemek szimultán és nagy mértékű bezuhanása miatt várhatóan természetesen megugrik az együttmozgás. A trendekhez igazított ciklikus komponensek vizsgálatával ez részben ellensúlyozható.

Ehhez a kezdő időponttól kumulált GDP növekedési ütemek, azaz a „mesterséges” negyedéves GDP szintek ($x_{i,\tau}^{level}$) a következőképpen határozhatók meg:

$$x_{i,\tau}^{level} = x_{i,\tau-1}^{level} + \frac{x_{i,\tau-1} * x_{i,\tau}}{100}, \quad (7)$$

ahol $x_{i,0}^{level} = 100$.

A mesterséges negyedéves GDP szint adatok előállítására azért van szükség, mert negyedéves, szezonálisan kiigazított, változatlan árú GDP adatok közvetlenül nem érhetőek el a vizsgált országok széles körére. Amennyiben azonban a dolgozatban felhasznált mesterséges GDP szint adatokat és a néhány országra elérhető szezonálisan kiigazított, változatlan árú GDP adatok korrelációját vizsgáljuk, megállapítható, hogy például Ausztrália, az Egyesült Államok és Brazília esetében a kapcsolat erőssége nagyobb, mint 0.99.

Ez igazolja, hogy a növekedési adatokból inputált mesterséges GDP adatok alkalmazhatók a dolgozat elemzéseiben.

A GDP szintet reprodukáló idősorból Canova és Dellas, (1993); Frankel és Rose (1997; 1998); Kose és Yi; (2006) tanulmányához hasonlóan a dolgozatban az üzleti ciklusok meghatározásához, a GDP adatok trendszűréséhez Hodrick-Prescott (HP) szűrőt alkalmaztam.

A HP-szűrő makroökonómiai idősorokon való alkalmazását azonban több kritika is érte az utóbbi időben. Lőrincz (2000) a következőképpen foglalja össze a HP-szűrővel kapcsolatos diagnosztikai problémákat. A szűrő stacioner folyamatra alkalmazva az alacsony frekvenciájú hullámokat eltávolítja az idősorból, a magas frekvenciájú mozgásokat azonban átengedi. Ez az üzleti ciklusok vizsgálatának alapja, ezért ebben az esetben a szűrő problémamentes. Abban az esetben azonban, amikor az eredeti idősor csak differenciálás után stacioner, akkor a szűrő már nem a magas frekvenciájú mozgásokat engedi át, hanem felerősíti a növekedési ciklusokat a magas frekvenciájú tartományban. Ezáltal a kapott idősorban megjelenhetnek olyan üzleti ciklus-szerű jelenségek, amelyeket az eredeti idősorok nem tartalmaztak, tehát amelyek nem a gazdasági folyamatokból, hanem a HP szűrés módszeréből következnek. Hamilton (2018) tanulmányában megfogalmazza azokat az okokat, amelyek miatt a HP-szűrő alkalmazását nem javasolja. Egyrészt megerősíti, hogy a HP-szűrő hamis dinamikus kapcsolatokat képes generálni. Másrészt, rávilágít a hamis dinamika problémájára, azaz, hogy a vizsgált minta szélein található szűrt értékek jelentősen különböznek a minta közepén lévő értékektől.

Ez a probléma elsősorban akkor jelentős, ha a minta széle válságidőszakra esik. A probléma megoldása érdekében a dolgozat 3.3. alfejezetében bevezetett módszerrel a válságperiódusokat kiszűröm a mintából, így az eredmények robusztussága ellenőrizhető.

Későbbi tanulmányok (Hodrick, 2020) is megmutatják, hogy a HP-szűrő alkalmazható a komplex dinamikával rendelkező idősorokon, például a dolgozatban használt GDP adatokon. Ezen felül a HP-szűrővel kapcsolatos aggodalmak elsősorban a módszer valós idejű előrejelzéseknél felmerülő korlátjain alapulnak, a dolgozatban azonban elsősorban a múltbeli adatok jobb megértéséhez, elemzéséhez szükséges. A szakirodalom Hamilton (2018) tanulmányát követően is gyakran alkalmazza az üzleti ciklusok együttmozgásának vizsgálata során a HP-szűrést (Beck, 2021; Chionis et al, 2020; de Soyres & Gaillard, 2020; Mejía-Reyes et al, 2018; Padhan & Prabheesh, 2020) más trendszűrés módszerek alkalmazása mellett. Bunyan és szerzőtársai (2020) például az üzleti ciklusok vizsgálatához a HP-filter mellett további trendszűrés módszereket (pl. Band-pass szűrő)

is alkalmaztak, azonban eredményeik minőségben nem tértek el egymástól. A szerzők hangsúlyozzák a különböző módon meghatározott üzleti ciklusok elemzése során az eredmények robusztusság ellenőrzésének fontos szerepét. Ezt az ajánlást követi a dolgozat, ezért a GDP növekedési ütemekből számított eredmények kiegészülnek a trendszűrűt GDP adatokból számított eredményekkel, annak érdekében, hogy az eredmények robusztussága ellenőrizhető legyen.

A dolgozatban tehát a következőképpen alkalmaztam a HP-szűrőt. Hodrick és Prescott (1997) alapján egy adott idősor a trendkomponens és a ciklikus komponens összege. Ebben az esetben a GDP normalizált szintje trend ($g_{i,\tau}$) és ciklikus komponensekre ($c_{i,\tau}$) osztható fel a Matlab szoftver beépített *hpfilter* függvényének segítségével:

$$x_{i,\tau}^{level} = g_{i,\tau} + c_{i,\tau}. \quad (8)$$

Hodrick és Prescott (1997) ajánlása alapján a negyedéves adatok alkalmazása miatt $\lambda = 1600$ -as „simítási paraméter” (smoothing parameter) értéket alkalmaztam. A HP-szűrést követően kiszámítom, hogy a ciklikus komponens hány százaléka a trendkomponensnek, majd a továbbiakban az így kapott adatokat elemzem. A hálózatelemzéshez szükséges kapcsolati mátrixok generálása előtti utolsó lépés a ciklikus komponens idősorok első megfigyeléseinek (amelyet az első lépésben generáltam) eltávolítása az adatbázisból. Végül, a kapott hálózatok topológiai elemzésére lehetőség nyílik.

3.1.2.3. Az időablakok hosszának kiválasztása

A dolgozatban gördülő időablakok alkalmazása teszi lehetővé, hogy a különböző módon generált hálózatok (GDP növekedési adatokon, trendszűrűt ciklikus komponenseken alapuló, korrelációs és Granger-okság hálózatok) dinamikája is megvizsgálható legyen.

Az időablakok hosszának kiválasztásában két egymásnak ellentmondó szempontot kell figyelembe venni: egyfelől a hosszabb időablakok a becslések pontosságát növelik, különösen a Granger-okság teszt alkalmazása során másrészt viszont a rövidebb ablakok pontosabb képet adnak a rövidebb távú változásokról, kevésbé fedik el az egyes időszakok speciális körülményeit hosszabb időszak adatainak összevonásával. Ezek alapján a teljes idősorokból kiválasztott részminták, az egymást átfedő gördülő ablakok hossza 52 negyedévben (13 év) határozható meg, így a megfigyelések száma eléri a Granger-okság teszt pontosságához szükséges mintaelemszámot, ugyanakkor nem fed le túl hosszú időszakot sem, a rövidebb távú változások értelmezésére is lehetőség van. A hosszú idősor esetében az első időablak 1961 második negyedévéből 1974 első negyedévéig tart,

majd a második időablak 1961 harmadik negyedétől 1974 második negyedéig és így tovább. A módszerrel összesen 183 teljes időablak elemezhető, ez lesz tehát a vizsgálható időszakok nagysága. A rövid idősor esetében szintén 52 negyedév az időablakok hossza, amelyekből így 42 rész minta vizsgálható.

3.1.2.4. A vizsgált idősorok stacionaritása

A páronkénti Granger-okság teszt alkalmazásának feltétele az idősorok stacionaritásának teljesülése. A stacionaritás tesztelése a dolgozatban az Augmented Dickey-Fuller (ADF) teszt és a Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) teszt elvégzésével történik, az R szoftver aTSA programcsomagjában található `kpss.test` és `adf.test` függvények segítségével Qiu (2015) alapján.

Elsőként a 25 ország nyers GDP növekedési adatainak, majd a HP szűrést követően az idősorok ciklikus komponensének, végül a 42 ország ciklikus komponenseinek stacionaritás tesztelését végeztem el a teljes vizsgált idősoron.

A GDP növekedési idősor esetében az ADF teszt alapján 1%-os szignifikancia szinten nem állapítható meg egységgyök. A ciklikus komponensek idősorában egyedül Izland esetében, a 42 országos adatbázisban pedig Görögország esetében csupán 5%-os szignifikancia szinten utasítható el az egységgyök jelenlétére vonatkozó nullhipotézis. A KPSS teszt alapján egyetlen ország, a Dél-afrikai Köztársaság kivételével minden esetben elfogadható a nullhipotézis, amely arra vonatkozik, hogy az idősorok stacionerek. A ciklikus komponensek 25 és 42 országra vonatkozó idősoraiban nem utasítható el a nullhipotézis.

A páronkénti Granger-okság tesztet a dolgozatban azonban nemcsak a teljes időszakon, hanem részmintákon, minden vizsgált időablakon el kell végezni, így a stacionaritást is tesztelni kell mindhárom adatbázis minden időablakára. A KPSS teszt eredményeit a 3. táblázat foglalja össze, az ADF teszt eredményeit a 4. táblázat mutatja⁹.

A 3. táblázatból leolvasható, hogy a KPSS teszt alapján a nyers GDP növekedési idősorok részmintáinak 80,04%-a 1%-os szignifikancia szinten, 97,22%-a 10%-os szignifikancia szinten nem utasítja el a nullhipotézist. A ciklikus komponens esetében a nullhipotézis nem utasítható el egyik adatbázis részmintáinak esetében sem.

Az ADF teszt alapján a nyers növekedési adatok részmintáinak 93,81%-a, a ciklikus komponensek időablakainak 92,90%-a, a bővített adatbázis részmintáinak 98,53%-a nem tartalmaz egységgyököt 10%-os szignifikancia szinten.

⁹ Az eredményekről a függelékben részletesebb táblázat található.

3. táblázat: KPSS teszt eredményeinek összefoglalása

$H_0: \text{stacioner}$		$x_{i,\tau}$	$c_{i,\tau}^{25}$	$c_{i,\tau}^{42}$
$0,01 \leq p < 0,05$	**	97,22%	100,00%	100,00%
$0,05 \leq p \leq 0,1$	*	89,29%	99,85%	99,89%
$0,1 \leq p$		80,04%	99,58%	99,77%

Forrás: R program kpss.test függvény alapján, saját szerkesztés.

4. táblázat: Az ADF teszt eredményei

$H_0: \text{egységgyököt tartalmaz}$		$x_{i,\tau}$	$c_{i,\tau}^{25}$	$c_{i,\tau}^{42}$
$p \leq 0,1$	*	93,81%	92,90%	98,53%
$p \leq 0,05$	**	86,21%	85,84%	95,24%
$p \leq 0,01$	***	67,48%	51,19%	61,00%

Forrás: R program adf.test függvény alapján, saját szerkesztés.

A tesztek alapján elsősorban Görögország, Spanyolország, Írország, Mexikó és Japán esetében található nem-stacioner időablakok, az időszakok között pedig a 2008-as válság körüli néhány részmintától eltekintve, ahol a GDP növekedés meredeken visszaesett, nincs olyan, amelyre jellemzőbb a stacionaritás hiánya, így az eredmények egységessége érdekében nem szükséges további átalakítás a nem stacioner időablakokon.¹⁰

Ezen felül kiemelendő, hogy amennyiben a teljes idősorra a stacionaritás elfogadható (az ADF teszt alapján ez esetünkben elmondható), úgy feltehető, hogy az adatgeneráló folyamat várható értéke és varianciája állandó a teljes idősoron. Így azonban ez igaz az egyes részmintákra is, még ha azok relatív rövidségéből fakadóan a tesztek ezt nem feltétlenül mutatják ki.

¹⁰ A vizsgálatokat elvégeztem a differenciált idősorokon is, az eredményeket összevettem és megállapítottam, hogy erős korrelációt mutatnak. Ezért a kapcsolatok intuitív közgazdasági értelmezhetősége érdekében a nem differenciált idősorok alkalmazása mellett döntöttem.

3.1.2.5. Válságok időszakainak meghatározása

A stacionaritás tesztek elvégzését követően a gazdasági válságok időszakainak azonosítása következik, az elmúlt időszak válságai körül történt esetleges szerkezeti változások feltárása érdekében. Az időablakok alkalmazása miatt a dolgozatban azokat az időablakokat kell azonosítani, amelyekben először volt jelen az adott válság kezdeti időpontja.

5. táblázat: A vizsgált gazdasági válságok kezdő időszakai

	Gazdasági válságok	A válság kezdeti időszaka
V1	Második olajválság	1979. második negyedév
V2	Latin-amerikai adósságválság	1982. harmadik negyedév
V3	Mexikói peso válság	1995. negyedik negyedév
V4	Kelet-ázsiai pénzügyi válság	1998. második negyedév
V5	Orosz pénzügyi válság Brazil válság	1999. harmadik negyedév
V6	Dotcom válság	2000. harmadik negyedév
V7	2008-as válság	2008. harmadik negyedév

Forrás: szakirodalomelemzés alapján, saját szerkesztés.

A gazdasági válságok behatárolásához, elsősorban a szakirodalmi ajánlásokat követtem, azonban néhány válság esetében nem található konkrét, negyedévre vonatkozó válság kezdetét jelző egységes időpont. Ezekben az esetekben (második olajválság, latin-amerikai válság) a GDP növekedési adatok csökkenésének kezdetét vettem figyelembe. A vizsgált időszak alatt megfigyelt válságok kezdetét és a hozzájuk tartozó időablakokat foglalja össze az 5. táblázat. Azok az időablakok tehát, amelyekbe az egyes válságok kezdeti időpontjai már beletartoznak, válság alatti időablakoknak számítanak az elemzések során.

3.1.3. Alkalmazott hálózatelméleti mutatók

A fent bemutatott módszerek alapján, amelyeket az 5. táblázat is összefoglaltam, rendelkezésre állnak a nemzetgazdaságok közötti kapcsolatokat leíró különböző hálózatok. A hálózatok topológiájának feltérképezése érdekében a dolgozatban az országok közötti kapcsolatokat, a sokkterjedés potenciális szerkezeti változásait vizsgálom meg. Ehhez különböző hálózatelméleti mutatókat alkalmazok, amelyeket ebben az alfejezetben részletesen bemutatok. A hálózatelméleti mutatók két fő csoportba sorolhatók az alapján, hogy a hálózat adott csúcsának (lokális hálózatelméleti mutató), vagy a teljes hálózatnak

(globális hálózatelméleti mutató) a tulajdonságát írják le. Másképpen fogalmazva, a lokális mutatók a részek (a hálózat részeinek) egészben (a teljes hálózatban) betöltött szerepét vizsgálják, míg a globális mutatók holisztikusabbak, a hálózat csúcsaira vonatkozó átlagos tulajdonságokat ragadják meg, amelyek segítségével a teljes kapcsolati rendszer és annak változásai írhatók le. A dolgozatban elsősorban a globális hálózatelméleti mutatók kerülnek előtérbe, ugyanis a fókusz a topológiai elemzésen, a hálózat topológiájának változásán van. Ezzel szemben néhány lokális mutatón alapuló elemzésre is sor kerül, amelyek segítségével egy-egy ország hálózatban betöltött szerepét lehet megvizsgálni.

3.1.3.1. A hálózat mérete, fokszáma, a fokszámok eloszlása

A legalapvetőbb globális hálózati tulajdonság a hálózat mérete, amely a csúcsok számosságát jelenti, ez a dolgozatban a mintánkban szereplő országok száma, tehát 25 vagy 42. Az élek száma pedig egyszerűen az alábbi módszerrel határozható meg, minden t időablakra:

$$L_t^k = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij,t}^k \quad (9)$$

ahol $k \in \{K, G\}$, tehát a korreláción (2. egyenlet) és a Granger-okságon (6. egyenlet) alapuló hálózatokra ugyanaz a módszer alkalmazható.

A következő standard hálózatelméleti mutató a csúcsok fokszáma, amely megmutatja, hogy egy adott csúcs hány éllel rendelkezik. A csúcsok fokszáma tehát lokális mutató, amely azonban számos globális mutató alapját képezi. A csúcsok fokszáma mellett például a fokszámeloszlás, azaz a csúcsok fokszámainak eloszlása is fontos, a hálózati szerkezetet leíró tulajdonságokra (például a skálafüggetlen szerkezetre) világít rá (Barabási, 2016), amelyet részletesebben bemutattam a 2.3.3. alfejezetben.

A dolgozatban vizsgált hálózatok mérete azonban nem elegendő nagyságú a hatványfüggvény kitevőjének becsléséhez, ezért helyette a fokszámeloszlás ferdeségét vizsgálom az esetleges aszimmetria feltárása érdekében. Negatív, baloldali ferdeség esetén a csúcsok nagyrészenek relatív sok kapcsolata van, a csúcsok kisebb része pedig kevés kapcsolattal rendelkezik. Pozitív, azaz jobboldali ferdeség esetében azonban néhány csúcs magas fokszámmal rendelkezik, míg a legtöbb csúcs fokszáma alacsony. Mivel a skálafüggetlen hálózatokat leíró hatványfüggvény-eloszlás aszimmetrikus, pozitív ferdeségű, ezért a hálózatok fokszámeloszlásának vizsgálata által közelebb kerülhetünk a skálafüggetlenség megállapításához. Amennyiben a dolgozatban vizsgált hálózat pozitív ferdeségű, úgy a skálafüggetlen hálózathoz hasonló szerkezeti tulajdonságokkal rendelkezik.

3.1.3.2. Az átlagos fokszám és a sűrűség

A lokális fokszám mutató aggregálható az átlagos fokszám számításával, amely megmutatja, hogy átlagosan mennyi éllel rendelkezik egy csúcs a hálózatban (Barabási, 2016). Egy szimmetrikus hálózatban ez egyszerűen a fokszámok átlagaként határozható meg. Ezzel szemben a dolgozatban vizsgált hálózatok irányítottak, amely azt jelenti, hogy fontos megkülönböztetni a „be-fokszámokat”, amelyek az adott csúcs irányába mutatnak, valamint a „ki-fokszámokat”, amelyek a csúcs irányából egy másik csúcs felé mutatnak. Bár a kétféle lokális fokszám között akár jelentős eltérés is lehet, globálisan, az átlagos fokszámot vizsgálva ez a különbség eltűnik – mivel ami az egyik csúcs esetében ki-fok, az egy másik csúcs esetében be-fok –, tehát végső soron itt is az élek átlagos számát kapjuk. Az átlagos fokszám számítása tehát a következő:

$$D_t^k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij,t}^k = \frac{L_t^k}{N} \quad (10)$$

ahol ismét $k \in \{K, G\}$.

Az átlagos fokszám normalizált változata a hálózat sűrűségét mutatja, azaz, hogy a csúcsok közötti maximális lehetséges kapcsolatból arányaiban mennyi van ténylegesen jelen. Számítása egyszerűen:

$$F_t^k = \frac{D_t^k}{N-1} = \frac{L_t^k}{N(N-1)}. \quad (11)$$

A sűrűség 0 és 1 közötti értékeket vehet fel (előbbi esetben a hálózat üres, utóbbiban teljes), és változásából következtethetünk a vizsgálatba vont országok közötti GDP-együttmozgás kiterjedtségére, az üzleti ciklusok szinkronizáltságára. Feltehetően egy válságperiódusban a csúcsok átlagos fokszáma/sűrűsége magasabb lesz, hiszen globális gazdasági válságok esetén az érintett országok GDP-növekedése egyszerre lelassulhat, vagy negatívvá válhat. Érdekes azonban megvizsgálni, hogy a sűrűség változása a válság kialakulásához képest mikor következik be, a válság kitörésnek pillanatában, azt követően, vagy a válságot megelőzően növekednek a fokszámok.

3.1.3.3. Az átlagos elérési út mutató

A dolgozatban használt következő hálózati mutató a csúcsok közötti legrövidebb út hossza. A kapcsolati mátrix ismeretében pl. Dijkstra (1959) algoritmussal számítható a $d_{ij,t}^k$ legrövidebb út minden i és j csúcs között, amely a két csúcsot összekötő élsorozatok közül a legrövidebbnek a hossza. A csúcs-párokra vonatkozó mutatóból egyszerű

átlagolással kapjuk az átlagos elérési utat, amely a hálózat csúcsai közötti tipikus távolságot mutatja meg (Barabási, 2016):

$$P_t^k = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_{ij,t}^k. \quad (12)$$

Az átlagos elérési út esetünkben úgy interpretálható, hogy két ország között hány korrelációs/okási kapcsolaton keresztül vezet út. Amennyiben ez a mutató magas értéket vesz fel, az azt jelenti, hogy a hálózatban kevesebb direkt hatás van jelen, tehát egy adott ország GDP növekedési üteme jellemzően többszörös áttételeken keresztül hat más országok GDP növekedésére. A mutató alacsony értéke esetén a közvetett sokkterjedés jellemzőbb. Előbbi esetben nagyobb az esélye annak, hogy a lokális sokkok terjedése elhal, míg az utóbbi gyors sokkterjedést tesz lehetővé.

Amíg a sűrűség tehát megmutatja az összekapcsoltság mértékét, hogy a potenciális kapcsolatokról hány tényleges kapcsolat figyelhető meg, addig az átlagos elérési út mutató ezt egészíti ki azzal az információval, hogy a meglévő kapcsolatok hogyan helyezkednek el, milyen hálózati szerkezetet alakítanak ki. Egy adott sűrűségű hálózat elképzelhető úgy is, hogy az országok láncszerűen kapcsolódnak egymáshoz, vagy egy országhoz kapcsolódik az összes meglévő kapcsolat. A kiszámolt elérési út mutató interpretációját segíti, ha össze tudjuk hasonlítani olyan (azonos méretű és sűrűségű) referenciahálózatok átlagos elérési útjaival, amelyek szerkezetét ismerjük.

3.1.3.4. Klaszterezettség

Hasonló szerepe van a hálózatok elemzésében a hálózat csúcsainak lokális környezetét leíró klaszterezettségi együtthatónak (C_i), amely megmutatja, hogy egy adott csúcs közvetlen szomszédjai a hálózatban milyen sűrűn kapcsolódnak egymással, azaz mennyi él található közöttük az elképzelhető maximálishoz képest (Barabási, 2016).

Az így számolható lokális klaszterezettségi mutatók átlagaként adódik az átlagos klaszterezettség, amely azt mutatja meg, hogy mennyire jellemző a hálózatra a zárt lokális csoportok jelenléte, vagy másképpen, hogy egy véletlenszerűen választott csúcs két szomszédja mekkora valószínűséggel kapcsolódik egymáshoz (Barabási, 2016).

Amennyiben a mutató magas értéket vesz fel, az azt jelenti, hogy léteznek olyan országcsoportok, amelyeken belül a sokkok terjedése gyorsabb az erősebb összekapcsoltság miatt. Alacsony érték esetén ez a fajta csoportosulás nem jellemző, a hálózat véletlenszerűbb tulajdonságokkal bír.

Az irányított hálózatok klaszterezettségének számításához Clemente és Grassi (2018) DirectedClustering programcsomagját alkalmazom az R szoftverben. Clemente és Grassi (2018) hangsúlyozzák, hogy a korábbi elemzések során a lokális klaszterezettségi együttható kiszámítása súly nélküli és irányítatlan hálózatokra fókuszált. Mivel a klaszterezettségi együttható egy lokális mutató, az irányított hálózatok elemzése során, amennyiben a korábban irányítatlan hálózatok számítására alkalmazott klaszterezettségi együtthatót számítjuk ki, fontos információt veszítünk el. Mivel számos valós hálózat irányított és súlyozott, ezért Clemente és Grassi (2018) új módszerükkel figyelembe veszik a kapcsolatok irányát is a klaszterezettségi együttható kiszámítása során:

$$C_t^{k,in}(W) = \frac{\sum_{j,t} \sum_{m \neq j,t} \frac{w_{ji,t} + w_{mi,t}}{2} a_{ji,t}^k a_{mi,t}^k (a_{jm,t} + a_{mj,t})}{s_{i,t}^{in}(d_{i,t}^{in} - 1)}, \quad (13)$$

$$C_t^{k,out}(W) = \frac{\sum_{j,t} \sum_{m \neq j,t} \frac{w_{ij,t} + w_{im,t}}{2} a_{ij,t}^k a_{im,t}^k (a_{jm,t} + a_{mj,t})}{s_{i,t}^{out}(d_{i,t}^{out} - 1)}, \quad (14)$$

ahol w a kapcsolatok súlyára vonatkozó információ, amelyet jelen esetben elhagyhatunk (a súlyozatlan hálózatban $w_{ji,t} = w_{mi,t} = \dots = 1$), $s_{i,t}^{in}$ és $s_{i,t}^{out}$ pedig a súlyozott fokszám, amely szintén a kapcsolatok súlyát veszi figyelembe, tehát a dolgozat esetében a fokszámokat 1-es súlyozással, azaz szintén elhagyható. Így a következő egyszerűbb alak írható fel:

$$C_{i,t}^{k,in} = \frac{\sum_{j,t} \sum_{m \neq j,t} a_{ji,t}^k a_{mi,t}^k (a_{jm,t} + a_{mj,t})}{de_{i,t}^{in}(de_{i,t}^{in} - 1)}, \quad (15)$$

$$C_{i,t}^{k,out} = \frac{\sum_{j,t} \sum_{m \neq j,t} a_{ij,t}^k a_{im,t}^k (a_{jm,t} + a_{mj,t})}{de_{i,t}^{out}(de_{i,t}^{out} - 1)}, \quad (16)$$

ahol $de_{i,t}^{in}$ és $de_{i,t}^{out}$ i ország t időablakban kiszámított be- és ki-fokszámát jelenti.

3.1.3.5. A hálózat modularitása

A hálózat modularitása azt mutatja meg, hogy milyen mértékben oszthatók fel a hálózat csúcsai olyan csoportokra/modulokra, amelyek nagyobb belső sűrűséggel rendelkeznek, mint a hálózat átlagos sűrűsége. A módszer a hálózatok kapcsolati irányát nem veszi figyelembe, így alkalmazásához a dolgozatban vizsgált irányított hálózatokat

irányítatlanná szükséges alakítani. Az irányítatlan, szimmetrikus kapcsolati mátrixok elemei ($u_{ij,t}^k$) a következőképpen számíthatók ki:

$$u_{ij,t}^k = u_{ji,t}^k = \max(a_{ij,t}; a_{ji,t}). \quad (17)$$

A modularitás kiszámításához a modulok meghatározása, a közösségek, csoportok kialakítása szükséges, amelyhez Blondel és szerzőtársai (2008) által alkalmazott Louvain közösségképző algoritmus módszerét (Csardi & Nepusz, 2006) alkalmazom az R program igrph programcsomagjának felhasználásával. A Louvain-algoritmus Barabási (2016) alapján a következőképpen jellemezhető. Az algoritmus két fő lépésből áll. Az 1. lépésben a hálózat összes csúcsát külön csoportokba rendezi. Ezt követően minden i csúcson kiszámítja, hogy mennyivel változik a modularitás, ha az i csúcsot valamely szomszédjának csoportjába teszi. A folyamat addig tart, ameddig a csúcs abba a csoportba nem kerül, ahol a modularitás pozitív változása a legnagyobb, azaz amikor már nincs további javulási lehetőség. Ha nincs pozitív változási lehetőség, akkor a kiinduló csoportban marad.

A 2. lépésben az algoritmus egy új hálózatot hoz létre, amely csúcsai az 1. lépésben azonosított csoportok. Az azonos csoporthoz tartozó csúcsokat egyetlen csúcsba tömöríti. Ezt követően az 1. és a 2. lépés addig ismétlődik, ameddig a modularitást már nem lehet tovább növelni (Barabási, 2016). Azt követően, hogy a közösségképző algoritmus felosztja az N csomópontból és L kapcsolatból álló hálózatot n_c számú közösségre Barabási (2016) alapján a következőképpen számítható ki a modularitás:

$$M = \sum_{c=1}^{n_c} \left[\frac{L_c}{L} - \left(\frac{k_c}{2L} \right)^2 \right], \quad (18)$$

ahol N_c az adott közösségben szereplő csúcsokat, L_c az adott közösség kapcsolatainak számát, k_c a közösségben lévő csomópontok fokszámainak összegét jelöli. A modularitás maximális értéke $M = 1$, azaz minél magasabb azonban a hálózat modularitása, annál jobb a hálózat felosztása. Amennyiben $M = 0$, akkor a hálózat egyetlen közösséget alkot. Abban az esetben, ha $M < 0$, akkor a hálózat minden csúcsa más közösséghez tartozik.

3.1.3.6. Lokális hálózatelemzési mutatók

Annak érdekében, hogy a vizsgált országok hálózatban betöltött szerepéről is részletesebb képet kapjunk, érdemes a topológiai információk tömörítését csökkenteni, azaz az

aggregált, teljes hálózatra jellemző mércék felől a lokális, egy-egy csúcsra jellemző mutatószámok felé mozdulni. A dolgozatban eddig bemutatott hálózatelméleti mutatók (a sűrűség, az átlagos úthossz és a klaszterezettségi együttható, a modulok száma) a hálózat globális topológiai mutatói. A globális mutatók azonban a teljes hálózat időbeli alakulásának vizsgálatát teszik lehetővé, a hálózat csúcsainak és kapcsolatainak átlagos tulajdonságait vizsgálják. A keresztmetszeti (egy időablakra vonatkozó) és az időbeli elemzés együttesen túl komplex, nehezen átlátható volna, így a dolgozatban az ilyen esetekben az idődimenziót redukáltam, az időbeliséget tömörítettem valamilyen módon.

A hosszú idősor esetében például az elemzéseket hosszabb időszakokra átlagolva végeztem el. Mivel a 2008-as válság kezdeti időpontja egy cezúra az időszakok között, így az időszakok átlagolásával összehasonlíthatók a válság előtti és a válság alatti (2008-as válságot tartalmazó) hálózatok. Ez a módszert a dolgozatban a Granger-okságon alapuló hálózatokon alkalmazható. A válság kezdeti időpontját megelőző 45 időablak és az ezt követő 45 időablak két időszakra (válság előtti és válság utáni) tömörítése a kapcsolati mátrixok összegzésével a következő módon történik:

$$a_{ij}^W = \sum_t^{t+45} a_{ij,t}^G, \quad (19)$$

ahol a_{ij}^W a súlyozott (aggregált) kapcsolati mátrix egy eleme, t pedig az első időablak, amely az aggregált kapcsolati mátrixban szerepel. Így a kapcsolati mátrixok elemei az országpárok közötti oksági kapcsolatok számát tartalmazzák az adott 45 időablakra, amelyekből a két időszakra egy-egy súlyozott és irányított hálózatot kapunk, ahol az élek súlyai azt jelölik, hogy az adott időszakban milyen gyakorisággal volt kimutatható Granger-okság két ország növekedési ütemei között.

3.1.3.7. A maximális költségű feszítőfa

A modularitáshoz hasonlóan megvizsgálom a válság előtti és válság utáni hálózatok maximális költségű feszítőfáit. A módszer segítséget nyújt a hálózat szerkezetének vizuális feltérképezésében, átláthatóbbá teszi a hálózat legfontosabb kapcsolatait. Prim (1957) minimális költségű feszítőfa algoritmus a következőképpen használható fel az R program igrph csomagjának segítségével. Az algoritmus egy kezdő csúcsból építi fel a hozzá kapcsolódó legkisebb élek hozzáadásával a feszítőfát. A dolgozatban azonban a legfontosabb kapcsolatok vizsgálata a cél, ezért a standard eljárást az élek súlyainak reciprokára szükséges alkalmazni, így a hálózat maximális költségű feszítőfáját kapjuk eredményül.

3.1.3.8. *A hálózat dinamikája*

A dolgozat a rövid idősor topológiai tulajdonságai mellett a hálózati dinamikába is betekintést nyújt. Ehhez két eltérő módszertani megközelítés segítségével a vizsgált időszakban az országpárok kapcsolatainak fejlődését térképezem fel.

Az első a kapcsolatok stabilitásának vizsgálata. Ebben az esetben a sokkterjedés hálózatban az országok közötti kapcsolatok négy típusát különböztethetjük meg: a korábban nem létező kapcsolat létrejön, egy korábban létező kapcsolat megszűnik, egy kapcsolat fennmarad, illetve a kapcsolat stabilan nem létezik, azaz egyik időszakban sem kapcsolódik az országpár. Az alapján, hogy a négy kapcsolati típus milyen arányban oszlik meg valamennyi időablakban a kapcsolatok stabilitására következtethetünk, amely árnyalja a hálózatra vonatkozó sűrűség eredményeit is.

A második módszer a kapcsolatok szisztematikus létezésének vizsgálata. Ehhez az adott országpár kapcsolatait a vizsgált időablakok során egy-egy nullákból és egyesekből álló vektor írja le, amelyek az $A_{i,j,\tau}$ kapcsolati mátrixok segítségével állíthatók elő. Az így kapott számsorozatra a Wald-Wolfowitz-féle (1940) széria próba alkalmazható, amely segítségével megállapítható, hogy az országpárok közötti kapcsolatok, azaz a sokkterjedés random vagy szisztematikus. A nem-parametrikus statisztikai teszt bináris sorozatokra alkalmazható, amelyek elemei független azonos eloszlásúak. Azt teszteli, hogy a sorozatban megfigyelt egymást követő 0 vagy 1 értékek (szakaszok) száma hosszabb vagy rövidebb annál, amit véletlenszerű eloszlás esetén várunk. Amennyiben a különbség szignifikáns, a Wald-Wolfowitz teszt elutasítja az elemek statisztikai függetlenségének hipotézisét. Esetünkben tehát a hipotézis elutasítása azt jelenti, hogy az országok közötti sokkterjedési kapcsolatok tartós fennmaradása vagy hiánya szisztematikus. Ezzel a módszerrel az adatok dinamikus információit tömöríthetjük, és eredményül egy olyan kapcsolati mátrixot kapunk, amelyben a két ország közötti kapcsolat akkor van jelen, ha a fertőzés szignifikánsan gyakrabban és hosszabb ideig van jelen, mint a random megjelenés esetében.

3.1.3.9. *Az alkalmazott referenciahálózatok*

Az értekezés egyik fő kutatási kérdése, hogy a vizsgált sokkterjedési hálózatok topológiai jellemzői hogyan viszonyulnak különböző referencia-hálózatokhoz. A referencia-hálózatok alkalmazása nemcsak a dolgozat kutatási kérdése miatt fontos, de a hálózatelméleti mutatók interpretációja során is elengedhetetlen. Bár a bemutatott mutatók egy része, például a sűrűség, önmagában is jól értelmezhető, számos esetben, például az átlagos elérési

út vagy a klaszterezettség kiszámítása mellett fontos az eredmények valamilyen referencia-hálózathoz történő viszonyítása.

A hálózatelemzés egyik standard referenciapontja az Erdős és Rényi (1959) által bemutatott véletlen gráf modell (ER)¹¹. A szokásos eljárás szerint a megfigyelt hálózat valamely indikátorát egy azonos méretű és sűrűségű véletlen hálózat azonos indikátorához viszonyítom. Jelen esetben, amennyiben valamennyi időablakra generálok 1000 Erdős-Rényi féle véletlen hálózatot az adott időablakra megfigyelt sűrűséggel, akkor az 1000 véletlen hálózatra kiszámolt hálózatelméleti mutatók átlaga összehasonlítható az adott időszakban megfigyelt mutatók értékeivel. A random hálózatok átlagos értéke mellett az 5. és a 95. percentilisek megmutatják, hogy a megfigyelt hálózat szignifikánsan eltér-e a véletlen hálózattól. Amennyiben a megfigyelt hálózat adott mutatójának értéke a véletlen hálózat értékeinek 5. és 95. percentilisein kívül esik, akkor szignifikáns eltérést állapíthatunk meg.

A másik standard megközelítés a konfigurációs modell (CM) referencia-hálózatként történő alkalmazása¹². A konfigurációs modell a megfigyelt hálózat fokszámeloszlását és méretét megtartva hoz létre véletlen hálózatot. A vizsgált hálózat esetében azonban a módszernek vannak korlátjai. Egyrészt, amennyiben azt vizsgáljuk, hogy a megfigyelt hálózat kapcsolatai véletlenszerűen jönnek-e létre, tehát a struktúráját hasonlítjuk egy referenciahálózathoz, akkor az ER modell esetében valóban egy véletlenszerűen létrejött világ kapcsolati szerkezetéhez hasonlítható. Azonban a CM modell a véletlen hálózatok generálása során megtartja a hálózat szerkezetének egy olyan alapvető tulajdonságát (a fokszámeloszlását), amely a dolgozat vizsgálata szempontjából elengedhetetlen fontosságú.

A másik korlátot az jelenti, hogy a megfigyelt hálózat irányított. Az ER modell esetében nem okoz nehézséget irányított véletlen hálózatokat generálni, majd azokhoz hasonlítani a vizsgált hálózatokat. A CM modell esetében azonban, a fokszámeloszlás megtartása érdekében a generált hálózat hurkokat (önmagukba irányuló kapcsolatokat), illetve két csúc között ismétlődő kapcsolatokat is tartalmaz. Amennyiben ezeket az éleket kiszűrjük, a megfigyelt hálózatnál alacsonyabb sűrűségű hálózatot kapunk, amely fokszámeloszlása torzítottan követi csupán az eredeti hálózatot. Az értekezésben azonban az

¹¹ Ennek jelentőségéről lásd pl. Barabási (2016).

¹² Szintén Barabási (2016) alapján.

ER hálózatok eredményeinek kibővítése érdekében a CM modell eredményei is szerepelnek, az eredmények értékelése során azonban a modell korlátait figyelembe kell venni.

Összegzésként a 6. táblázat bemutatja, hogy a dolgozatban a különböző kapcsolati mátrixok – különböző adatok és módszertanok alapján – elemzése során mely hálózatelméleti mutatókat alkalmaztam. A táblázat a bemutatott főbb módszertanokat összefoglalja, néhányat pedig előrevetít, annak reményében, hogy megkönnyítse az olvasó számára a különböző modellváltozatok közötti eligazodást, a dolgozatban alkalmazott modellek egyfajta tartalomjegyzékeként szolgál.

6. táblázat: A dolgozatban a különböző kapcsolati mátrixokon alkalmazott hálózatelméleti mutatók

Fokszám (d_{ki}, d_{be})	$A_{25}^G; W_{25}^G; S_{42}^{HP}; S_{42}^G$
Sűrűség (F_t^k)	$A_{25}^K; A_{25}^G; A_{25}^{HP}; NC_{25}^{HP}; NC_{25}^G; S_{25}^{HP}; S_{25}^G; V_{S,42}^{G,ER}; S_{NC,42}^G;$ $V_{SNC,42}^{G,ER}$
Átlagos elérési út (P_t^k)	$A_{25}^K; A_{25}^G; A_{25}^{HP}; V_{25}^{K,ER}; V_{25}^{G,ER}; V_{25}^{HP,ER}; V_{25}^{K,CM}; V_{25}^{G,CM}; V_{25}^{HP,CM};$ $NC_{25}^{HP}; NC_{25}^G; V_{NC,25}^G; V_{NC,25}^{HP}; S_{42}^{HP}; V_{S,42}^{HP,ER}; S_{NC,42}^{HP}; V_{SNC,42}^{HP,ER}$
Klaszterezettség ($C_t^{k,in}; C_t^{k,out}$)	$A_{25}^K; A_{25}^G; A_{25}^{HP}; V_{25}^{K,ER}; V_{25}^{G,ER}; V_{25}^{HP,ER}; V_{25}^{K,CM}; V_{25}^{G,CM}; V_{25}^{HP,CM};$ $NC_{25}^G; NC_{25}^{HP}; V_{NC,25}^{HP}; S_{cyc,42}^{HP}; V_{S,42}^{HP,ER}; S_{NC,42}^{HP}; V_{SNC,42}^{HP,ER}$
Fokszámferdeség ($Sk^{in}; Sk^{out}$)	$A_{25}^K; A_{25}^G; A_{25}^{HP}; V_{25}^{K,ER}; V_{25}^{G,ER}; V_{25}^{HP,ER}$ $NC_{25}^G; NC_{25}^{HP}; V_{NC,25}^{HP}; S_{cyc,42}^{HP}; V_{S,42}^{HP,ER}; S_{NC,42}^{HP}; V_{SNC,42}^{HP,ER}$
Modularitás (M)	$W_{25}^G; S_{25}^{HP}; S_{NC,42}^{HP}$
Maximális költségű feszítőfa (MST)	$W_{25}^G; S_{25}^{HP}; S_{NC,42}^{HP}$

Forrás: saját szerkesztés.

A kapcsolati mátrixok típusait és jelöléseit a következőképpen tartalmazza a táblázat: a súlyozás nélküli, megfigyelt, irányított hálózatok kapcsolati mátrixát \mathbf{A} , az irányítatlan hálózatokét \mathbf{U} , a véletlen hálózatokét \mathbf{V} , a megfigyelt hálózatokból aggregált súlyozott hálózatokét (válság előtt és válság alatt/után) \mathbf{W} , a Wald-Wolfowitz-próba segítségével aggregált súly nélküli hálózatokét \mathbf{S} , a válságszűrt hálózatokat \mathbf{NC} jelöli.

A felső indexek segítségével megkülönböztethetők a növekedési adatokon Granger-okság teszttel (G) és a korrelációs elemzéssel (K) felépített hálózatok, valamint a GDP trendszűrését követően a ciklikus komponensen alapuló, Granger-okság teszttel

felépített hálózatok (HP). A véletlen hálózatok esetében külön indexet kap az Erdős-Rényi véletlen gráf elmélete alapján (*ER*) generált és a konfigurációs modell (*CM*) szerint létrehozott hálózat. Végül az alsó indexek a hálózat méretére, és ezáltal az alkalmazott idősorokra utalnak, hosszú idősor esetén 25, rövid idősor esetén 42 a jelölés.

A dolgozatban bemutatott többféle hálózat elemzése ugyanazt a célt szolgálja, a kutatási kérdések pontosabb megválaszolásához járulnak hozzá, az országok közötti üzleti ciklusok szinkronizációján keresztül a sokkterjedés topológiájának különböző módszerekkel, perspektívákkal történő leírásával. A különböző kapcsolati mátrixok és a különböző módszerek alkalmazásával az eredmények összehasonlíthatók, robusztusságuk ellenőrizhető, az esetleges eltérésekből további következtetések vonhatók le.

3.2. A GDP-együttmozgás időbeli változása

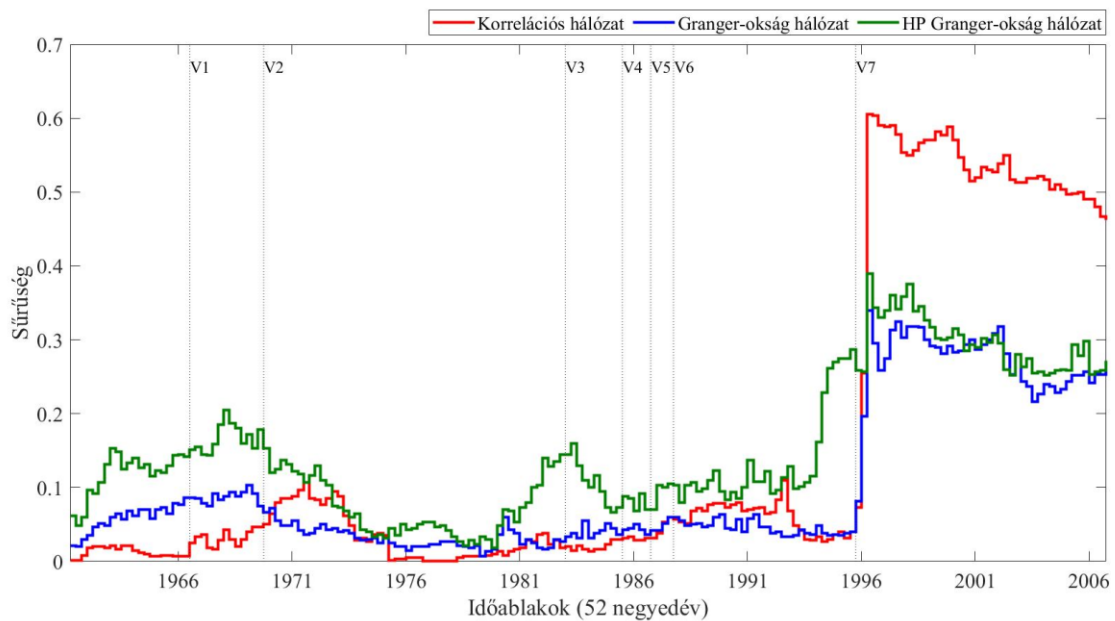
A bemutatott módszerek segítségével feltérképezhető a gazdasági sokkok országok közötti terjedése, a terjedés mintázata, struktúrája és annak változásai. Ebben az alfejezetben 25 ország 1961 és 2019 közötti GDP növekedési adatain alapuló hálózatok elemzése során kapott eredményeket mutatom be. A korreláción alapuló és a Granger-okság teszttel képzett hálózatok legfontosabb tulajdonságait hasonlítom össze, valamint megvizsgálom azok időbeni változásait, majd az időablakok információinak tömörítésével feltérképezem a 2008-as válság előtti és válság utáni/alatti terjedési csatornákat.

3.2.1. Hálózati sűrűség

Az első mutató, amellyel a hálózatok szerkezeti változásait vizsgálom, az átlagos fokszámra alapuló hálózati sűrűség D_t^k , amely jelen kontextusban azt mutatja, hogy átlagosan mennyire jellemző egy adott időablakban az, hogy valamely ország növekedési üteme (1) korrelál, vagy (2) befolyásolja valamely másik ország növekedési ütemét, továbbá, hogy (3) valamely ország GDP szintjének ciklikus komponense hatással van valamely másik ország GDP szintjének ciklikus komponensére. Az (1) és (2) megkülönböztetése azért fontos, mert két különböző módszertan alapján határozom meg az országok közötti kapcsolatokat, így a kapcsolatok mást jelentenek. A korrelációval létrehozott hálózat az együttmozgást vizsgálja meg, a Granger-okság teszt azonban megmutatja, hogy az országok GDP növekedései befolyásolják-e (okozzák-e) egymást. A (3) megkülönböztetése azért szükséges, mert az országok GDP szinkronizációját az (1) és (2) módszerektől eltérően nem a növekedési ráták, hanem a ciklikus komponensek alapján ragadja meg.

A 7. ábra mutatja a sűrűség alakulását a három vizsgált (korrelációs, Granger-okság és HP-Granger-okság) hálózatban. A vízszintes tengely az időablakok kezdő évét, a függőleges tengely a sűrűség értékét jelzi. Az ábrán a függőleges szaggatott vonal kiemeli az előző alfejezetben bemutatott válságokat, mindig az adott válság kezdő időpontjára utalva (vagyis a szaggatott vonallal jelölt időablak az első, amelyben az adott válság megjelenik) az 5. táblázat alapján.

7. ábra: A GDP együttmozgás hálózatok sűrűségének alakulása 1961 és 2019 között



Forrás: saját szerkesztés.

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

A növekedési adatokon alapuló hálózatok esetében relatív kis sűrűség figyelhető meg a 2008-as válságot megelőzően, amely a 0 és 10% közötti sávban mozog. A ciklikus komponensek oksági kapcsolatainak hálózata ugyan ehhez képes valamennyivel sűrűbb, alapvetően ez a hálózat is ritkának tekinthető a 2008-as válságot megelőzően. A sűrűség értéke jellemzően 10% és 20% között alakul a legtöbb vizsgált időszak során.

Mindhárom hálózatra jellemző az 1960-as évektől a sűrűség fokozatos növekedése a második olajválság és a latin-amerikai adósságválság kezdeti időszakában is. Ezt az 1960-as évek végén a HP Granger-okság, majd a Granger-okság hálózat, végül az 1970-es évek közepén a korrelációs hálózat esetében is hirtelen csökkenés töri meg. Ez a tendencia az 1970-es évek második felétől visszafordul és a hálózati sűrűségek

mérsékelt, de stabilan növekedésnek indulnak. A növekedések az általunk vizsgált gazdasági összeomlások (mexikói, a kelet-ázsiai, az orosz, a brazil és a dotcom válság) kezdeti időszakában a legnagyobb üteműek. A mexikói válság esetében a HP Granger-okság hálózat a másik két hálózathoz képest jelentősebb mértékben növekszik (eléri a 18%-os sűrűséget), majd visszaesik 10% alá, végül a kelet-ázsiai válság után visszatér a mérsékelt növekedéshez. A korrelációs hálózat is stabilan növekszik az 1990-es évek elejéig, amikor eléri a 11%-os sűrűséget, majd ezt követően csökkenésnek indul. Ezzel szemben az oksági hálózat sűrűsége viszonylag hamar stabilizálódik 4% körül. Mindez azt mutatja, hogy bár a növekedési ráták (késleltetett) együttmozgása erősödött a nagy moderáció időszakában, az nem mutatható ki, hogy a növekedési ráták közötti oksági kapcsolatok érdemben szaporodtak volna. Vagyis a sokkok terjedése az országok között ez alatt az időszak alatt változatlan mértékű volt.

Különösen szembeötlő azonban a legutóbbi, 2008-as válság jelentős hatása, amely elsősorban ezen esemény globális jellegére utal: amíg a korábbi (mintánkba kerülő) válságok lokálisak voltak abban az értelemben, hogy a kiindulási pontjukat jelentő térségeken kívül heterogén módon éreztették hatásukat, a 2008-as pénzügyi összeomlás a minta országainak többségére kiterjedt.¹³ A legnagyobb kiugrás a korrelációs hálózat esetében figyelhető meg, a sűrűség 60% fölé emelkedik. Az oksági hálózatok a vizsgált időszak végén azonban szintén tartósan 30% fölé emelkednek. A sűrűség a 2008-as válság hatására bekövetkező növekedése a korreláció esetében erőteljesebb, ekkor tehát a korreláció alapján több ország-párról állapítható meg, hogy növekedési rátáik együtt mozognak, míg a Granger-okság alapján kevesebb ilyen kapcsolódást látunk. Ez logikus eredmény, a különböző alkalmazott módszerek jellemzőiből adódik. A korreláció esetén bármilyen mögöttes tényező, amely egyformán hat két ország növekedési ütemére, pozitív korrelációként jelenik meg, így a 2008-as válság minden országra kiterjedő hatása több negyedéven keresztül ilyen tényezőnek tekinthető, ami a késleltetett korrelációs együtthatókban is megjelenik.

A 2008-as válság kezdeti időpontját tartalmazó időablakban a korreláció jelentős mértékben megnő annak hatására, hogy a válság a mintába kerülő országokat globálisan érinti, azaz a legtöbb ország jövedelmét jelentősen befolyásolja. Ez a torzítás a korrelációval szemben a Granger-okság alkalmazása esetén már kevésbé van jelen, mert a

¹³ Megjegyzendő azonban, hogy az általunk alkalmazott 13 éves időablak a kisebb horderejű események hatásait könnyen el is fedheti, mivel ezek az események ezekben az ablakokban összeérhetnek.

Granger-okság nem a pusztán együttmozgásra, hanem a növekedési ütemek közötti okozati viszonyokra fókuszál, így pontosabb képét ad a sokkok terjedéséről. Az eredmények tehát azt mutatják, hogy bár az üzleti ciklusok közötti korreláció drasztikus növekedését logikusan eredményezheti a mindenkire kiterjedő válság, az, hogy a Granger-okságon alapuló hálózatok sűrűsége is növekszik arra utal, hogy ebben az időszakban a sokkok terjedése felerősödött, intenzívebbé vált az országok között a korábbiakhoz képest.

A sűrűség változása a válságot már magába foglaló időszakokban teljesebbé válik, ahogyan az elsődlegesen pénzügyi csatornákon terjedő sokkok a növekedési ütemekben is éreztetik hatásukat. A 2008-as pénzügyi válság első időszakában azonban a sűrűségre gyakorolt hatás erőteljesebbnek tűnik. A drasztikus kiugrás csak nagyon lassan kezd el csökkenni, alapvetően a vizsgált időszak során végig a korábbiaknál jelentősen magasabb szinten marad.

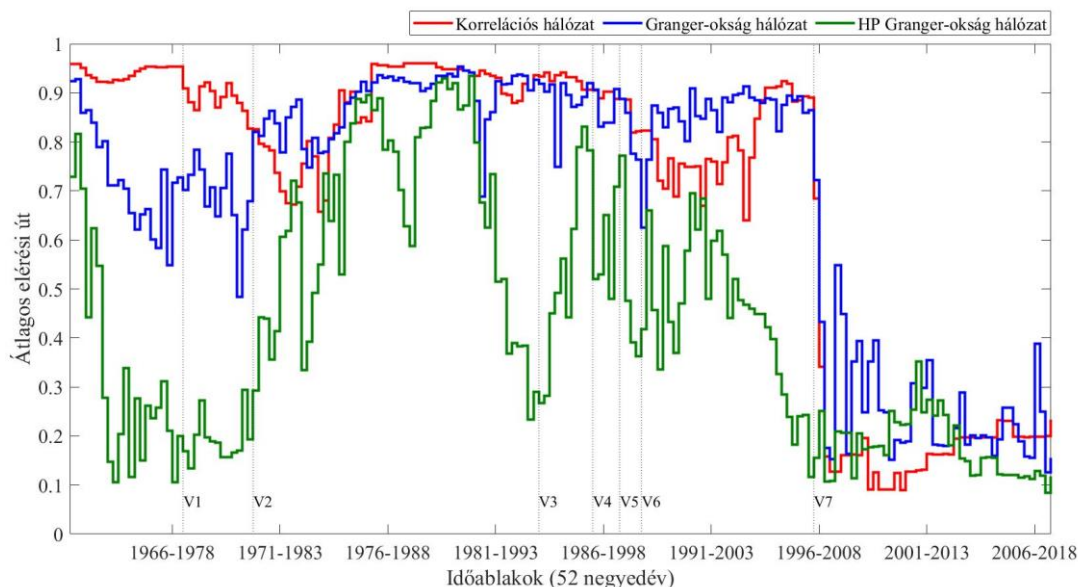
Fontos kiemelni, hogy bár a kisebb lokális válságok esetében is láthatóak erre utaló jelek (dotcom válság), a 2008-as válság esetén a sűrűség érdemi és a korábbi tendenciákhoz képest hirtelen növekedése mindkét növekedési adatokon alapuló hálózatban megfigyelhető már a Lehman Brothers szeptemberi összeomlása során (amely időszakot a pénzügyi válság kezdetének tekintem az elemzések során). További érdekes eredmény, hogy a ciklikus komponensek együttmozgásából felírt hálózat esetében már a 2008-as válság időszakának kezdete előtt szembejövő a hálózat sűrűségének jelentős növekedése. Ez megfigyelhető a korábbi válságok esetében is, szinte kivétel nélkül minden általunk vizsgált gazdasági összeomlást megelőzően már növekedett a hálózat sűrűsége. Ez a hatás azonban a HP-szűrő alkalmazásának természetes következménye is lehet, ezért különösen fontos megismételni az elemzést a válságperiódusok kiszűrését követően, amelyre a következő alfejezetben kerül sor.

3.2.2. Az átlagos elérési utak

A sűrűség alakulása nagyon átfogó képet ad csak a sokkterjedési hálózatok szerkezetéről. A hálózatelméleti megközelítés előnye éppen az, hogy ettől összetettebb indikátorok vizsgálatára is lehetőséget nyújt. A ritkán összekapcsolt hálózatokra általában jellemző, hogy két csúcson több kapcsolaton keresztül vezet út. A vizsgált hálózatok sűrűsége növekedett, így feltételezhetően az átlagos elérési utak rövidültek az országok között, tehát egy tetszőlegesen kiválasztott ország növekedési üteme/ciklikus komponense kevesebb közvetítő országon keresztül „áthaladva” korrelál vagy áll oksági kapcsolatban egy másik ország növekedési ütemével. E logika mentén tehát az átlagos elérési út az

országok közötti sokkterjedési hálózatban azt tudja megmutatni, hogy hány országon keresztül, azaz mennyire közvetlenül és ezáltal mennyire gyorsan jut el egy esetleges gazdaságot érő sokkhatás egyik országból a másikba. A 8. ábra megmutatja az átlagos elérési út hosszának alakulását a háromféle hálózatban. A vízszintes tengelyen az időablakok, a függőleges tengelyen az átlagos elérési utak normált értékei olvashatók le.

8. ábra: A GDP együttmozgás hálózatok átlagos elérési útjának alakulása 1961 és 2019 között



Forrás: saját szerkesztés.

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

Az ábra alapján azonnal megállapítható, hogy a növekedési ütemeken alapuló korrelációs és Granger-okság hálózatok átlagos elérési útjainak volatilitásához képest a HP Granger-okság hálózat átlagos elérési útja meglehetősen volatilis a vizsgált időszakban. Ez annak köszönhető, hogy az átlagos elérési út mutató a sűrűség változására különbözőképpen reagál attól függően, hogy mekkora a kezdeti sűrűség és hogy milyen mértékű a sűrűség változása. Jellemzően amikor a hálózat sűrűsége csökken, az átlagos elérési út hosszabb, és fordítva. A két mutató közötti negatív korreláció természetes jelenség, hiszen minél nagyobb a kapcsolatok aránya a potenciális kapcsolatok számához képest, annál nagyobb valószínűséggel található rövid út két tetszőlegesen kiválasztott csúcs között.

Az összefüggés azonban nem lineáris. A növekedési adatokon alapuló hálózatok sűrűsége ugyan nő, de egészen a 2008-as válságig 10% alatt marad, ami azt jelenti, hogy a sűrűség kismértékű változása kevésbé befolyásolja az átlagos elérési utakat. Ezzel

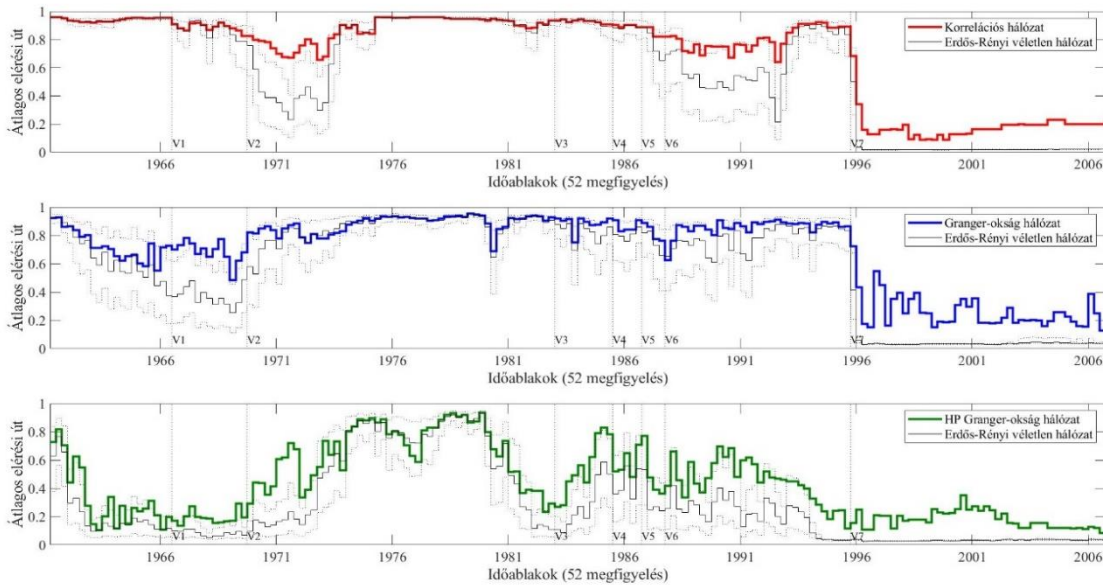
szemben a válság során eléri a 10% körüli hálózati sűrűséget, az átlagos elérési út pedig jelentős mértékben csökkent. A ciklikus komponensen alapuló hálózat sűrűsége amikor 10-20% körül ingadozik, akkor szintén jelentős mértékű volatilitás figyelhető meg az átlagos elérési utak hosszában. Ezzel szemben egy magasabb kiinduló sűrűség mellett a sűrűség változása kevésbé volatilis átlagos elérési út változást eredményez, ugyanis ekkor az átlagos elérési utak is rövidebbek. Ez a jelenség nagyon hasonló ahhoz, amelyet Nier és szerzőtársai (2007) tanulmányán keresztül mutattam be a 2.3.6. *alfejezetben*. A szerzők azt állapították meg, hogy amennyiben egy rendszer sűrűsége alacsony szintről kezd el növekedni, akkor a rendszer csúcsait érő sokkok növelik a rendszerkockázatot. A magasabb kezdeti sűrűségű rendszerek összekapcsoltságának növekedése viszont csillapítja a sokkokat, azaz növeli a rendszer stabilitását.

Látható azonban, hogy a sűrűség eltérő kezdeti szintjei mellett a vizsgált hálózatokban megfigyelhető, hogy a sűrűség növekedésével összhangban általában mindhárom hálózat átlagos elérési útjának hossza csökken a válságok időszaka alatt. A 2008-as válság a sűrűséghez hasonlóan drasztikus változással jár az átlagos elérési utak tekintetében is. Már a válság kezdete előtt néhány periódussal, ismét a hálózatok sűrűség-növekedésével párhuzamosan, az átlagos elérési út csökkenése látható mindhárom hálózatban.

Amíg a hálózatok sűrűsége önmagában is jól értelmezhető, addig az átlagos elérési út értelmezéséhez fontos a referencia-hálózatok figyelembevétele. A 9. *ábra* megmutatja a korrelációs és az oksági hálózatok átlagos elérési útjának alakulását Erdős és Rényi véletlen hálózatának átlagos elérési útjához viszonyítva. A korábbi jelölések mellett fekete egyenes vonal mutatja, hogy az adott időablakra jellemző sűrűség és méret mellett generált ezer darab Erdős-Rényi féle véletlen hálózatban átlagosan mekkora az (átlagos) elérési utak hossza. A fekete vonal körül a szaggatott vonalak pedig az ezer véletlen hálózatra számolt különböző átlagos elérési utak 5. és 95. percentiliseit. A szaggatott vonalak tehát a véletlen hálózattól szignifikánsan nem különböző területet határolják be, amennyiben szignifikáns eltérésnek tekintjük, ha a véletlen hálózatok 5%-ában látunk a szaggatott vonalak által jelölnél magasabb vagy alacsonyabb elérési utat.

A megfigyelt korrelációs és oksági hálózatok a legtöbb vizsgált időszakban jellemzően hosszabb elérési utakkal rendelkeznek, mint a hasonló véletlen hálózatok, de néhány időszaktól eltekintve a 2008-as válságig ez az eltérés nem tekinthető szignifikánsnak a fentiek szerint. A Granger-okság hálózat a második olajválságot követően, a korrelációs és a HP Granger-okság hálózatok a latin-amerikai adósságválság utáni időszakban térnek el szignifikánsan felfelé a random hálózatok átlagos elérési útjától.

9. ábra: Az átlagos elérési út Erdős-Rényi véletlen referenciahálózatához viszonyított alakulása



Forrás: saját szerkesztés

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

A HP Granger-okság hálózat esetében szisztematikusan pozitív eltérést tapasztalható azonban amikor a sűrűség nagyobb: ezekben az időszakokban a megfigyelt sokkterjedési hálózat lényegesen több elkülönült országpárt mutat az azonos sűrűségű véletlen hálózathoz képest. Ez azt jelenti, hogy a megfigyelt hálózatokban a sokkok kevésbé gyorsan képesek terjedni, mint a tisztán véletlen hálózatokban. A jelenség a GDP növekedés hálózatához hasonlóan a 2008-as válság alatt/után a leginkább szembetűnő, amikor mindkét hálózat sűrűsége a vizsgált időszakban a maximumát éri el.

Ezeket a következtetéseket alátámasztják az Erdős-Rényi gráfok fázisátmeneti küszöbértékei, vagy kritikus értékei $\langle D \rangle$, ahol D továbbra is az átlagos fokszámot jelöli. A véletlen hálózatok modelljében Erdős és Rényi (1959) szerint a kritikus pont két tartományt választ el egymástól, ha $\langle D \rangle < 1$ akkor még nincs óriáskomponens, ha $\langle D \rangle > 1$ akkor viszont van. Az óriáskomponens összefüggő részgráfot jelent, azaz a hálózat egy olyan része, amelyben bármely két csúc között van a hálózat éléből álló út. A véletlen hálózatokban a küszöbérték közelében megfigyelhető jelenségek a fizikában és kémiában ismert fázisátalakuláshoz hasonlítanak (Barabási, 2016). Ez a küszöbérték 25 csúc

esetén 4%-os sűrűség körül található. Amikor a megfigyelt és a referencia hálózat sűrűsége a 4%-os küszöbérték alá csökken, a hálózat csúcsai elszigetelt csoportokra oszlanak, amelyek természetesen megnövelik az átlagos elérési utakat. Amikor azonban a sűrűség meghaladja ezt a küszöbértéket, az elszigetelt komponensek vagy csúcsok továbbra is megmaradnak a megfigyelt hálózatban, azonban a véletlen hálózat esetében eltűnnek. Ennek eredményeképpen ezekben az időszakokban a sokkterjedés hálózatának átlagos elérési útja jelentősen meghaladja a véletlen hálózatét.

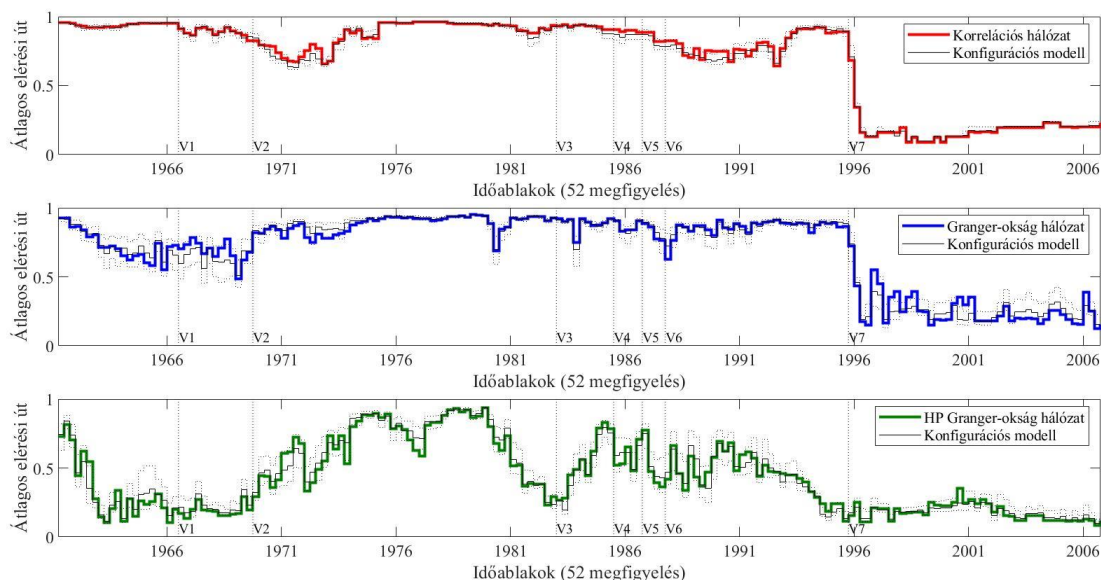
A 2008-as válság alatt azonban mindhárom hálózat esetében jelentősen hosszabb utakat mérhetünk, mint a véletlen hálózatokban. Mindez azt mutatja, hogy a válság után a sokkok terjedési hálózata jellemzően nem véletlenszerű.

A véletlen hálózatnál magasabb elérési utak azt jelzik, hogy a sokkok terjedési mintázata nem véletlenszerű, nem azonos, független valószínűséggel figyelhető meg két ország között sokk-transzmisszió, hanem valamilyen szisztematikus kapcsolódási, terjedési rend alakul ki. Ez a szisztematikus jelleg jellemzően a láncszerű kapcsolódás irányába mutat, tehát a vizsgált hálózatokban jellemzően több lépcsőben ér el egy adott országból induló sokk más országokat, mint egy véletlen világban. Azt is jelentheti továbbá, hogy a sűrűség növekedésével párhuzamosan az új kapcsolatok nem véletlenszerűen jönnek létre, így gyakrabban jönnek létre olyan országpárok, amelyek között sem közvetlenül sem közvetetten (más kapcsolaton keresztül) nincs kapcsolat, ezzel növelve a hálózat átlagos elérési útját. Ekkor ugyanis az algoritmus automatikusan a hálózat méreténél eggyel nagyobb távolsággal számol. Ezt a módszertani torzítást figyelembe véve azt állapíthatjuk meg, hogy a véletlen hálózathoz képest a valós hálózatban több ilyen egymással nem kapcsolódó országpár van jelen.

A 10. ábra a fentiekhez hasonlóan a hálózatokat ezer véletlen hálózat átlagos elérési útjának átlagával veti össze. A véletlen hálózatok generálása ebben az esetben konfigurációs modell alapján történt, amely jellemző tulajdonsága, hogy az eredeti hálózatok fokszámeloszlását megtartva hozza létre a csúcsok közötti véletlen kapcsolatokat. A módszertan sajátossága, hogy a fokszámok megtartásának érdekében gyakran jönnek létre hurkok és többszörös kapcsolatok. Amennyiben ezeket a kapcsolatokat az elemzés során nem vesszük figyelembe, a referencia-hálózat és a vizsgált hálózat fokszámeloszlása nem lesz pontosan azonos, ekkor a konfigurációs modell fokszámeloszlása már csak megközelíti az eredeti hálózatokét. Az összehasonlíthatóság érdekében azonban a hurok és többszörös kapcsolatokat mindenképpen el kell hagyni, hiszen a vizsgált hálózatban ilyen típusú kapcsolatok nem jöhetnek létre. Ennek ellenére mindhárom hálózat átlagos elérési

útjának hossza szorosan követi a konfigurációs modell segítségével generált véletlen hálózatok átlagos elérési útjának átlagos hosszát, az esetleges eltérések nem szignifikánsak. Ebből arra következtethetünk, hogy a valós hálózat átlagos elérési útjának Erdős-Rényi véletlen hálózattól való eltérése a véletlen és a megfigyelt hálózat fokszámeloszlása közötti jelentős különbségből adódik. A hálózatok fokszámeloszlása ebben a sokkterjedési hálózatban is kulcsfontosságú, hiszen a hálózat szerkezetének azt az elemét ragadja meg, amely megkülönbözteti a megfigyelt hálózatot az ugyanolyan méretű és sűrűségű Erdős-Rényi véletlen hálózatoktól.

10. ábra: Az átlagos elérési út alakulása a konfigurációs modellhez viszonyítva



Forrás: saját szerkesztés.

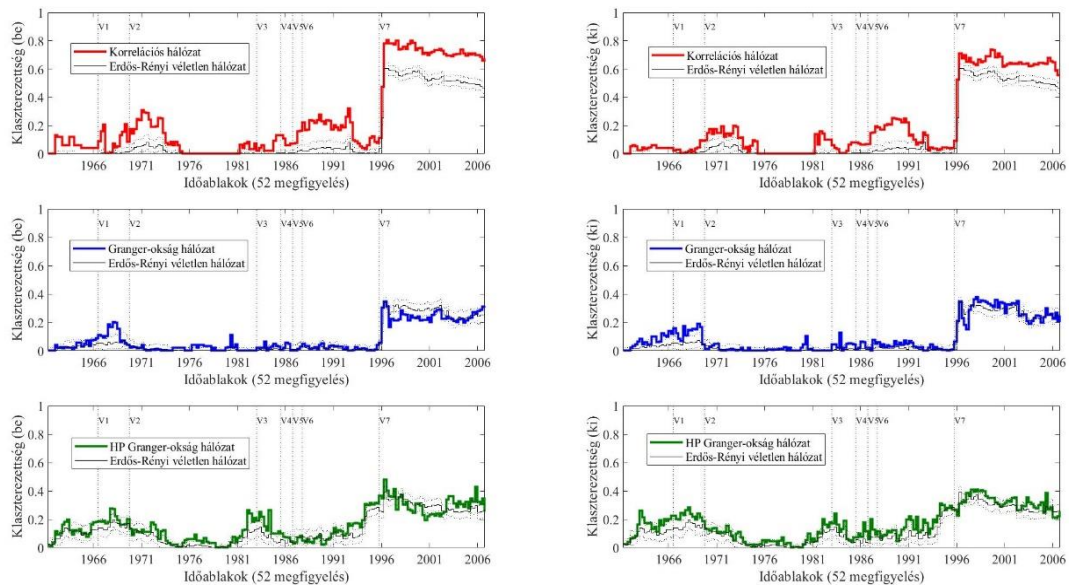
A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

3.2.3. A hálózat klaszterezettsége

Az átlagos elérési út az országok közötti potenciális sokkterjedés sebességére koncentrál, azonban azt nem veszi figyelembe, hogy a vizsgált országok között milyen mértékben alakulnak ki helyi csoportok, azaz, hogy előfordulnak-e olyan országcsoportok, amelyekben belül a sokkok terjedése gyorsabb. Ezért érdemes megvizsgálni hogyan változik a hálózat átlagos klaszterezettségi együtthatója (\bar{C}_i) a vizsgált időszak alatt. A klaszterezettségi együttható átlagait a három hálózat esetén a 11. ábra mutatja be. A baloldali grafikonon az adott országokba irányuló kapcsolatok (be-fokszám) alapján, a jobboldalin

az országokból a többi ország irányába mutató (ki-fokszám) kapcsolatok alapján számolt átlagos klaszterezettségi mutatók olvashatók le.

11. ábra: A klaszterezettségi együttható alakulása az Erdős-Rényi-féle véletlen referenciahálózathoz viszonyítva



Forrás: saját szerkesztés.

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

A korrelációs hálózat globális klaszterezettsége mindkét irányban több válság ki-robbanása előtt növekedni kezdett. Mindhárom hálózat esetén megfigyelhető a 2008-as válság előtt és alatt a mutató kiugró növekedése. Az ábra a sűrűség esetében kapott eredményeket tükrözi vissza (lásd: 7. ábra), ami nem meglepő, hiszen a klaszterezettség egy-fajta lokális sűrűségként is értelmezhető, így várhatóan a két mutató korrelál egymással.¹⁴ Éppen ezért érdemes ebben az esetben is megvizsgálni a referencia hálózathoz képest, hogy egy adott hálózati sűrűség mellett a kapcsolatok eloszlása mennyiben tér el az egyenletestől, és mennyire jellemző a lokális csoportok jelenléte ezzel szemben, valamint, hogy adott fokszámeloszlás mellett hogyan alakul a hálózat klaszterezettségének átlaga.

A 11. ábra alapján megállapítható, hogy a legtöbb esetben a korrelációs hálózatok erősebben klaszterezettek az Erdős-Rényi véletlen hálózathoz képest. A csúcspokba

¹⁴ Ha az átlagos sűrűség növekszik, az több élt jelent, amely valamely lokális környezetben kell, hogy jelentkezzen, ezáltal növelve az átlagos klaszterezettséget is.

irányuló kapcsolatok a latin-amerikai és a mexikói válságok közötti néhány időablak kivételével szignifikánsan eltérnek a véletlen hálózat klaszterezettségi együtthatóitól. A csúcsokból kifelé mutató kapcsolatok hasonlóan csak néhány időablakban esnek a véletlen hálózat tartományába. A 2008-as válság hatására a szoros összekapcsoltság következményeképpen a véletlen hálózati szerkezethez hasonlóan, de attól még szignifikánsan eltérően (magasabban) alakul a relatív klaszterezettség.

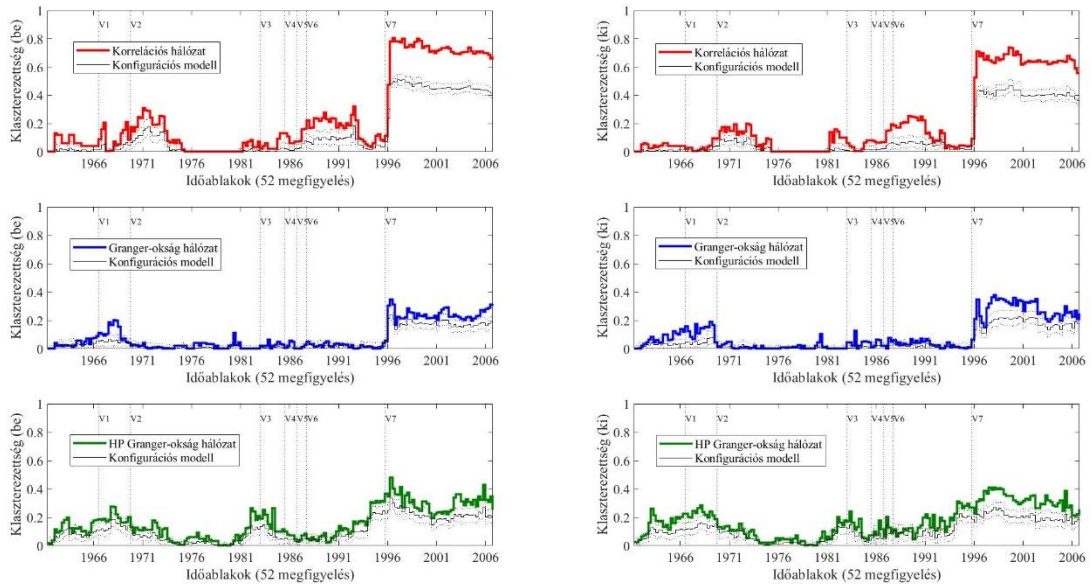
A Granger-okság hálózat esetében eltérő képet látunk: a relatív klaszterezettség néhány időablaktól eltekintve a véletlen hálózatra jellemző tartományon belül, vagy az 5%-os konfidencia-intervallum széléhez közel található. Mindez azt jelenti, hogy a növekedési ráták pusztán együttmozgása alapján egyértelműen látható az országok klaszterezettsége, vagyis hasonló mozgásokat látunk egyes országcsoportokon belül. Ha azonban a Granger-okság kapcsolatokat vizsgáljuk, úgy ez a klaszterezettség kevésbé mutatható ki. Az egyes országokat körülvevő sokk-transzmissziós csatornák hasonló sűrűséget mutatnak, mint az egész hálózat.

A klaszterezettségi koefficiens a HP Granger-okság hálózatában sem különbözik szignifikánsan a véletlen hálózatokra jellemző értéktől, bár jellemzően magasabb annál. A ki-fokszámok alapján a hatvanas évek végén, a be-fokszámok alapján a nyolcvanas évek közepén volt jelentősebben magasabb a megfigyelt hálózat klaszterezettsége. Ezekben az időszakokban az átlagos elérési utak is hosszabbak a véletlen hálózathoz képest. Ugyanakkor a vizsgált időszak végén a random hálózatnál hosszabb elérési utak mellett a klaszterezettség nem magasabb. Ebből arra következtethetünk, hogy azokban az időszakokban, amikor a megfigyelt hálózat sűrűsége viszonylag magas, az átlagos elérési utak és a klaszterezettség nagyobb valószínűséggel haladja meg a véletlen hálózatokét. Ez azt jelenti, hogy ezekben az időszakokban a sokkok jellemzően az országok helyi csoportjai között terjednek, míg a csoportok közötti sokkterjedés ritkább, ami hosszabb átlagos elérési utakat eredményez. A ki-fokszámok és a be-fokszámok alapján számított klaszterezettségi koefficiens alakulása között jelentős különbség nem állapítható meg.

A 12. ábra segítségével a klaszterezettségi együtthatót a konfigurációs modell véletlen hálózatának átlagaihoz hasonlítjuk. Ekkor a korrelációs hálózat értékei több időablakban a konfidencia-intervallumban találhatóak, a konfigurációs modell véletlen hálózatának klaszterezettsége sokkal jobban közelíti a korrelációs hálózat együtthatóinak értékét. Az oksági hálózat néhány időablakban, valamint a 2008-as válságot követően

magasabb klaszterezettségi értéket vesz fel a konfigurációs modell véletlen hálózataihoz képest.

12. ábra: A klaszterezettségi együttható alakulása a konfigurációs modell referenciahálózatához viszonyítva



Forrás: saját szerkesztés.

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

A véletlen hálózattól való eltérés azonban a konfigurációs modell esetében a módszeren korábban megfogalmazott torzításából is adódhat. A klaszterezettséget ugyanis az átlagos elérési úthoz hasonlóan a csúcsok fokszámai erőteljesen befolyásolják.

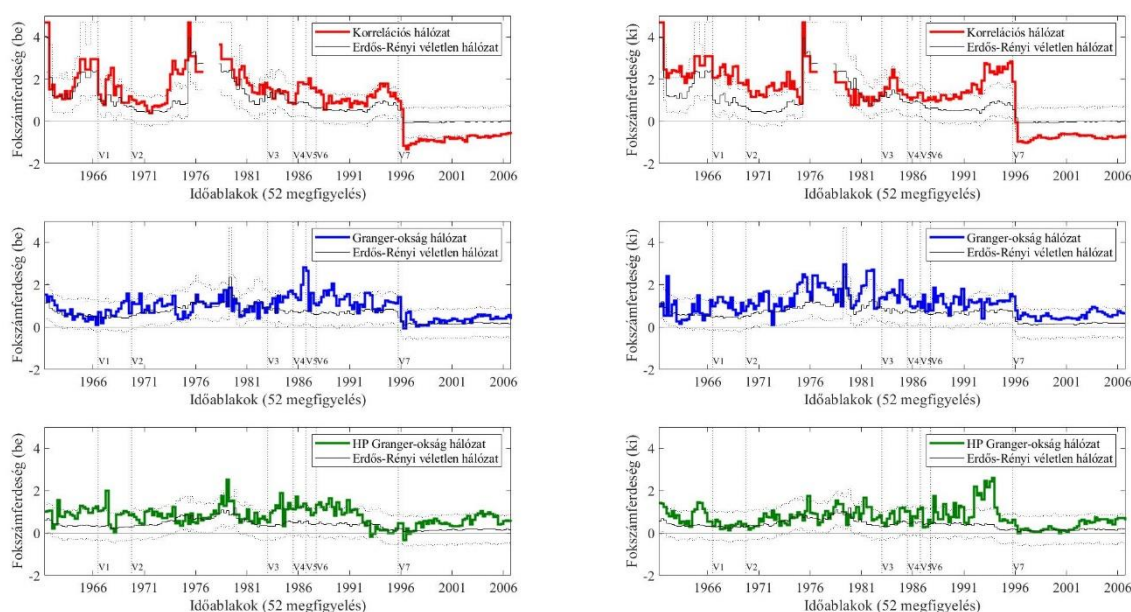
A megfigyelt hálózatok összehasonlítása a véletlen hálózatokkal ismét rávilágít a fokszámeloszlás fontosságára. Erdős és Rényi véletlen hálózatától jelentősebb mértékben tért el mindhárom vizsgált hálózat – kiemelten a korrelációs hálózat. Ez annak köszönhető, hogy a konfigurációs modell alapján generált véletlen hálózatok megtartották a hálózat struktúráját jelentős mértékben alakító tulajdonságukat, a fokszámeloszlást. Annak érdekében, hogy közelebb kerüljünk a hálózat szerkezetének feltérképezéséhez, fontos megvizsgálni a hálózat fokszámeloszlását.

3.2.4. A fokszámeloszlás ferdesége

A csúcsok fokszámeloszlása jellemzően a hatványkitevők becslésével határozható meg. A 3.1.3.1. alfejezetben rámutattam, hogy a vizsgált hálózat kis mérete miatt nem becsülhető pontosan a skálafüggetlen hatványkitevő, ezért a dolgozatban a fokszámeloszlás

ferdeségének alakulásából következtek az esetleges aszimmetriákra. A 13. ábra a három sokterjedési hálózatban az országok foksámferdeségének alakulását mutatja, amelyet ismét az ezer Erdős és Rényi-féle véletlen hálózatok foksámjainak átlagos ferdeségéhez hasonlítottam. Az ábra baloldali részén a be-foksámok eloszlásának ferdesége, a jobboldali részén a ki-foksámok eloszlásának ferdesége olvasható le.

13. ábra: A foksámferdeség alakulása az Erdős-Rényi-féle véletlen referenciahálózatához viszonyítva



Forrás: saját szerkesztés.

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

Mindhárom vizsgált hálózatra általában jellemző a pozitív, azaz jobboldali ferdeség, amely azt jelenti, hogy az adott hálózatban néhány ország több sokkterjedési kapcsolattal rendelkezik, a legtöbb ország foksámához képest. A 2008-as válsággal egyidőben azonban a korrelációs hálózat foksámferdesége drasztikusan csökken, negatív értéket vesz fel, azaz ekkor az országok nagyrészeinek relatív sok kapcsolata van, és csak néhány olyan ország van, amely relatív kevés kapcsolattal rendelkezik. A Granger-okság hálózat jobboldali ferdesége is csökken a 2008-as válság kezdetétől, azonban a ki- és be-foksám ferdeség a teljes vizsgált időszak alatt pozitív marad. A HP-Granger-okság hálózat foksámferdeségei már a 2008-as válságot megelőzően csökkenni kezdenek. A be-foksám ferdeség a 2008-as válságot követően néhány időablakban negatív értéket vesz fel, de jellemzően a pozitív tartományban marad. A ki-foksám ferdeségben egy jelentősebb

növekedés figyelhető meg az 1990-es években, amely azonban már a 2008-as válságot megelőzően drasztikusan csökken.

A fokszámferdeségek alakulását az azonos sűrűségű véletlen hálózatokhoz viszonyítva megállapítható, hogy mindhárom megfigyelt hálózat esetében nagyobb pozitív aszimmetria figyelhető meg a legtöbb időszakban a véletlen hálózatok fokszámferdeségéhez képest egészen a 2008-as válságig. Ez az eltérés azonban nem szignifikáns mértékű, a klaszterezettséghez hasonlóan a fokszámok ferdesége esetében sem figyelhetünk meg szisztematikusságot néhány időablaktól eltekintve. A fokszámferdeségek mind a ki-fokszámok és be-fokszámok alapján számítva tipikusan a véletlen hálózatra jellemző tartományban találhatók. Annak ellenére, hogy a fokszámok ferdeségei jellemzően enyhén pozitív értékeket vesznek fel, az okság hálózatokat vizsgálva általában nem tudunk kimutatni jelentős aszimmetriát, így nem tudjuk kimutatni sem a skálafüggetlenség tulajdonságát, sem annak ellenkezőjét, amikor a csúcsok többségének sok kapcsolata van.

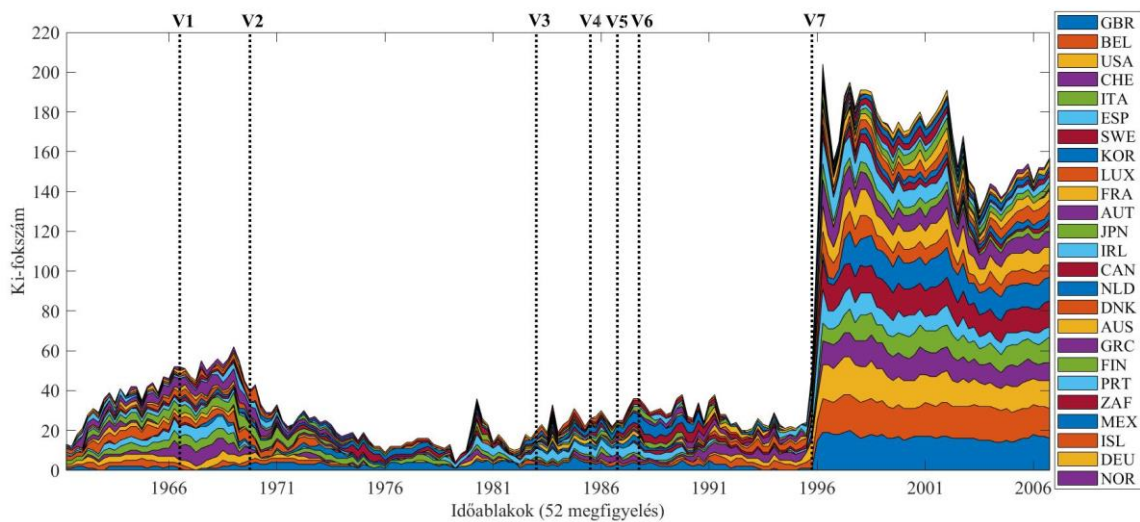
A nagyobb sűrűség, szorosabb összekapcsoltság és a korrelációs hálózatban megjelenő negatív ferdeség azonban az átlagos elérési utak rövidülésére engedne következtetni. Ennek ellenére az átlagos elérési utak szignifikánsan hosszabbak a valós hálózatokban, mint a véletlen hálózatokban. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a hálózatok távolság mátrixai gyakrabban vesznek fel végtelen értéket, azaz olyan csúcsok vannak jelen, amelyből és/vagy amelybe nem vezet egyetlen él sem. Az egyes országokra jellemző kapcsolati számok részletesebb vizsgálatára és az országok hálózatban betöltött szerepének feltérképezésére a következő alfejezetekben kerül sor.

3.2.5. Az országok fokszámainak időbeli alakulása

A vizsgált hálózatelméleti mutatók nemcsak a hálózat egészére alkalmazhatók, hanem lehetőséget biztosítanak az egyes országok egyéni, hálózatban betöltött szerepének elemzésére is. A globális mutatók, például az átlagos fokszám, átlagos klaszterezettség vagy az átlagos elérési utak hosszának átlaga holisztikusan ad képet a vizsgált országok kapcsolatairól. Ezek a mutatók azonban lokálisan, az országok szintjén állnak elsősorban rendelkezésre, tehát megmutatják, hogy az adott országok milyen szerepet töltenek be a makroökonómiai jelenségek terjedése során. Ehhez elsőként az országok fokszámainak változásait érdemes megvizsgálni. Az elemzés a Granger-okság hálózat kapcsolataiból indul ki, így a korábban bemutatott korrelációs elemzésből vagy a HP-szűrésből származó esetleges torzítások elkerülhetők.

A 14. ábra egy halmozott területdiagramon mutatja az országok ki-fokszámának időbeli alakulását a Granger-okság hálózatban. A második olajválság idején Svájc és Spanyolország szerepe felerősödött a ki-fokszámaik alapján. Ez azt jelenti, hogy ebben az időszakban GDP növekedésük a korábbiakhoz képest több ország GDP növekedésére gyakorolt hatást, azaz a sokkterjedési szerepe erősödött.

14. ábra: Az országok ki-fokszáma a vizsgált időszakban



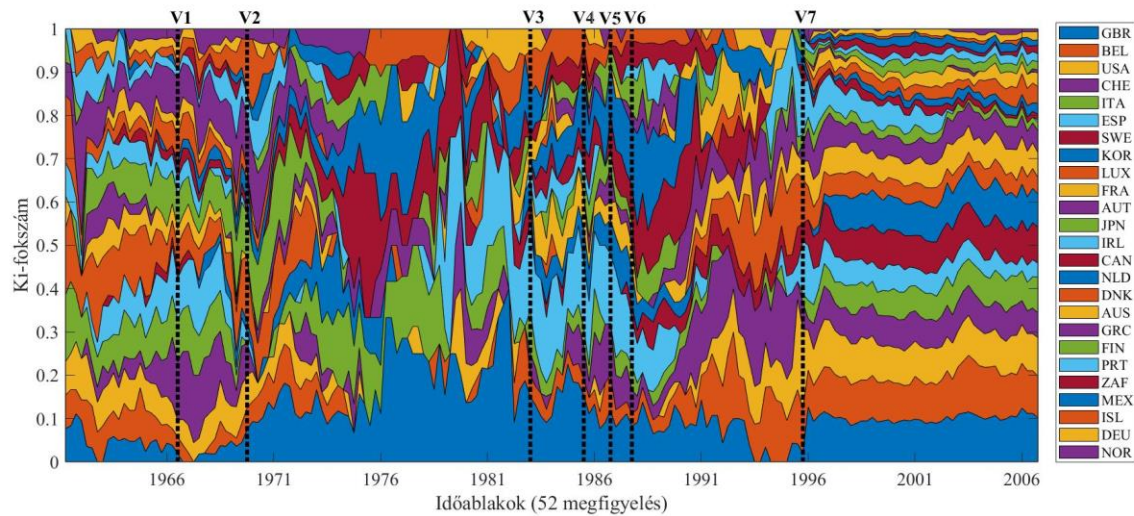
Forrás: saját szerkesztés.

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

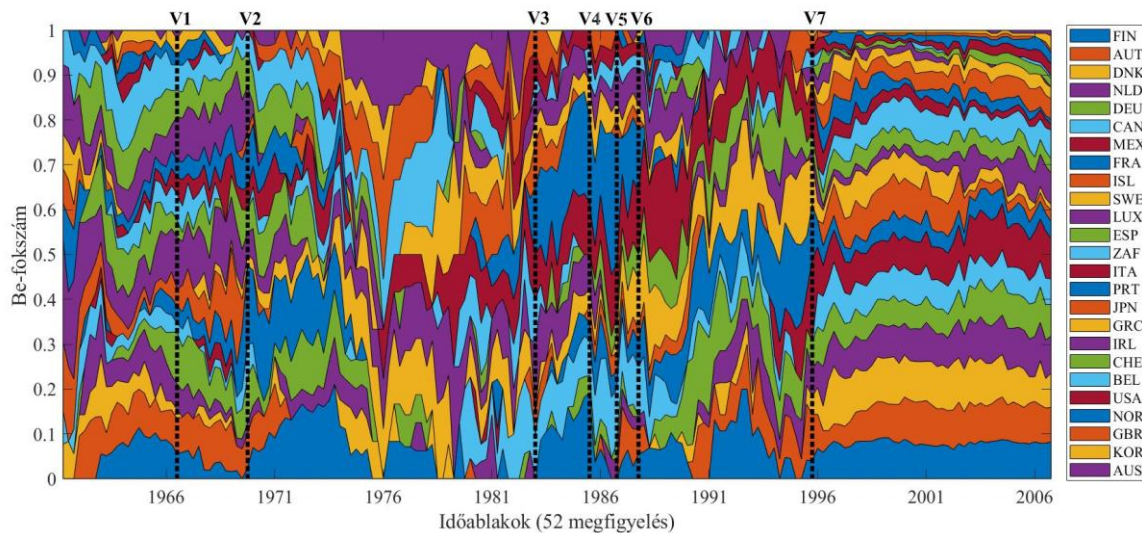
A fejlődő országok válságainak időszakában Spanyolország és az Egyesült Királyság szintén jelentős hatással van a többi ország növekedésére. Az Egyesült Államok sokkterjesztő szerepe azonban az olajválságokat követően mérséklődött, és egészen a 2008-as válságig GDP növekedése kevésbé befolyásolta a többi vizsgált ország GDP növekedését. Az is leolvasható az ábráról, hogy a 2008-as válságot megelőzően Luxemburg, az Egyesült Államok és Belgium ki-fokszámai kezdtek el dinamikusabban emelkedni a többi vizsgált országhoz képest. Továbbá megállapítható, hogy az Egyesült Királyság, Belgium, az Egyesült Államok, Svájc, Olaszország, Spanyolország, Svédország és Dél-Korea GDP növekedése befolyásolja legnagyobb mértékben az országok GDP növekedéseit a válságot követően, azaz a makroökonómiai jelenségek, a sokkok terjedése is általuk valósulhat meg leginkább.

Fontos azt is megvizsgálni, hogy az országok az adott időszakra jellemző ki-fokszámok (15. ábra) és be-fokszámok (16. ábra) mekkora hányadát birtokolják, azaz, hogy a sokkok terjedésének hány százalékáért felelnek.

15. ábra: Az országok ki-fokszáma az összes kapcsolathoz képest a vizsgált időszakban



16. ábra: Az országok be-fokszáma az összes kapcsolathoz képest a vizsgált időszakban



Forrás: saját szerkesztés.

A szaggatott vertikális egyenesek a következő válságok kezdeti időpontjait jelölik: V1 – második olajválság, V2 – latin-amerikai adósságválság, V3 – mexikói válság, V4 – kelet-ázsiai válság, V5 – orosz és brazil válság, V6 – dotcom válság, V7 – 2008-as válság.

A 15. ábra megmutatja, hogy a 2008-as válság előtti időszakban a sokkok terjedésének struktúrája nagyon változékony. Amikor a hálózat sűrűsége alacsony, akkor a változékonyság erősebb. A 2008-as válságot közvetlenül megelőző időszakokban azonban ez a változékonyság egyre kisebb, a válság hatására pedig stabillá válik az országok sokkterjedésben betöltött szerepe.

A be-fokszámok, azaz a más nemzetgazdaságok által leginkább befolyásolt országok, a sokkot elnyelő országok adott időszak fokszámaihoz viszonyított aránya hasonlóan

alakul (16. ábra), azaz itt is a 2008-as válságot követően figyelhető meg egy stabilabb struktúra kialakulása. A 2008-as válság tehát a ki-fokszámok és a be-fokszámokat tekintve is cezúrát képez a legtöbb ország esetében. Érdeemes lehet tehát ezt a két időszakot, a 2008-as válság előtti és a válság alatti/utáni időablakokat részletesebben is megvizsgálni.

3.2.6. Pozíciók és csoportok a 2008-as válság előtt és a válság kirobbanása után

Ennek érdekében ebben az alfejezetben az eddigi longitudinális elemzéseket kiegészítem a Granger-okságon alapuló hálózat 2008-as válság előtti és alatti/utáni „térképének” vizsgálatával. Ehhez, a 3.1.3.5. alfejezetben bemutatott módszer alapján az országpárok közötti hálózati kapcsolatokat aggregáltam. A 2008-as válságot megelőző 45 időablak, valamint a 2008-as válság alatti/utáni 45 időablak kapcsolatainak számát országpáronként összegezve kapjuk meg a válság előtti és válság alatti/utáni súlyozott, aggregált hálózatot.

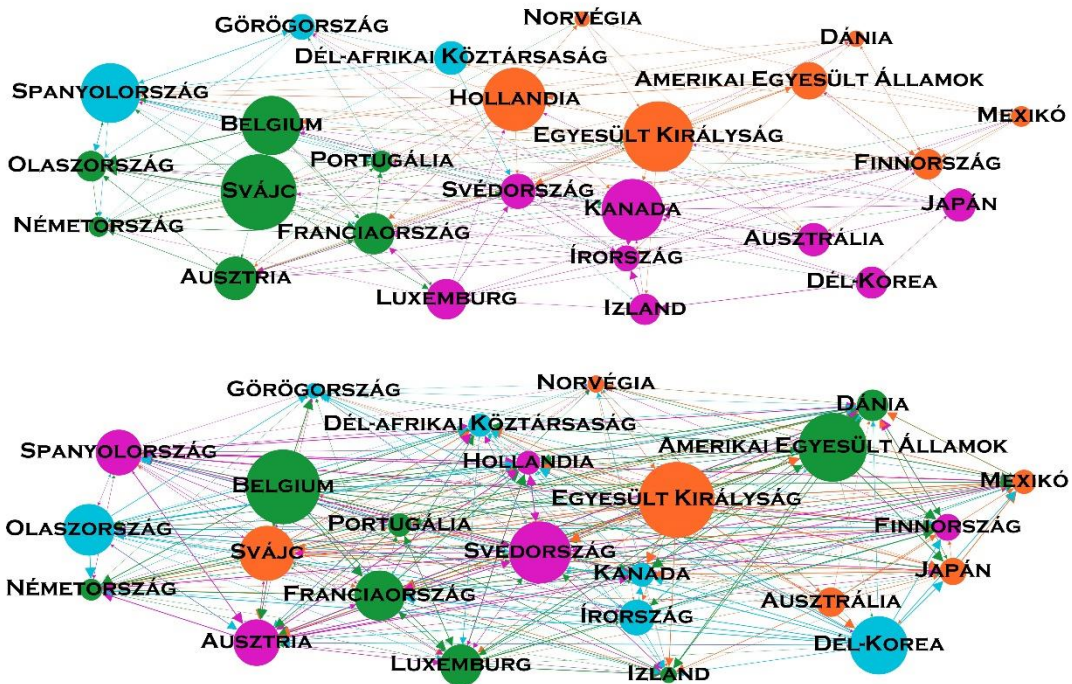
Az országpárok közötti kapcsolatok vizsgálata során fontos ismét kiemelni az alkalmazott módszertan korlátjait. Bár az elemzés a sokkterjedési kapcsolatokat veszi górcső alá, ezek mögött nem minden esetben áll tényleges ok-okozati összefüggés, szabályszerűség. A kapcsolatok azonban megmutatják, hogy a vizsgált országok idősorainak becslése során jobb előrejelzést kapunk-e, amennyiben a múltbeli adatok mellett más vizsgált országok idősorait is felhasználjuk. A dolgozatban detektált Granger-okság-kapcsolatok tényleges ok-okozati összefüggéseinek vizsgálata további kutatást igényel.

A 17. ábra és a 18. ábra a válság előtti és a válság alatti/utáni súlyozott Granger-okság hálózat topológiáját mutatja. A csúcsok méretét az országokból kimenő kapcsolatok száma, azaz ki-fokszáma (17. ábra) és az országokba bemenő kapcsolatok száma, azaz be-fokszáma határozza meg (18. ábra). A kapcsolatok súlyai alapján képzett modulokat a csúcsok színei jelölik, az élek vastagsága pedig a kapcsolatok súlyának megfelelően alakul.

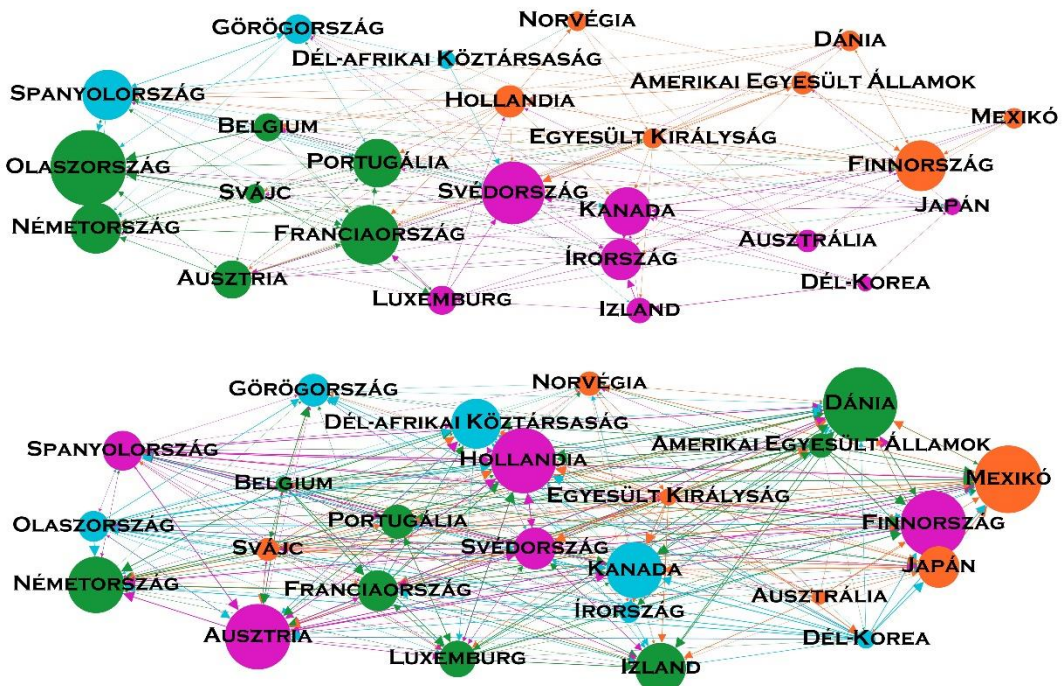
A 17. ábra alapján megállapítható, hogy a válság előtti időszakban a legmagasabb súlyozott ki-fokszámmal Svájc ($d_{ki} = 2,6889$), az Egyesült Királyság ($d_{ki} = 2,4667$), Hollandia ($d_{ki} = 2,1556$), Kanada ($d_{ki} = 2,0889$) és Spanyolország ($d_{ki} = 2,000$) rendelkezett, vagyis a vizsgált időszakban a felsorolt öt ország a leggyakoribb potenciális kiindulópontja az országok közötti sokk-transzmisszióknak. Érdeemes megfigyelni, hogy az öt legnagyobb fokszámmal rendelkező ország négy különböző modulhoz tartozik. Az

Egyesült Királyság, Svájc, Spanyolország és Kanada tehát a saját csoportjukban a legmagasabb fokszámmal rendelkező országok.

17. ábra: A Granger okság hálózat a 2008-as válság előtt és alatt/után (ki-fokszámok alapján)



18. ábra: A Granger okság hálózat a 2008-as válság előtt és alatt/után (be-fokszámok alapján)



Forrás: saját szerkesztés.

A négy elkülönülő hálózati modul nem feleltethető meg egyértelműen az országok fejlettségi vagy földrajzi csoportjainak, azonban a lila színnel jelölt modul tartalmazza a legtöbb nem európai országot (Ausztrália, Dél-Korea, Kanada, Japán). A narancssárga színnel jelölt csoportba az Egyesült Királyság, az észak-európai országok, valamint az Egyesült Államok és Mexikó tartozik. A zöld színnel jelölt modul országai között megfigyelhető a területi közelség, az országok földrajzi elhelyezkedésüket tekintve egymással szomszédosak: a csoportot Svájc és az országot határoló valamennyi ország és azok néhány szomszédja alkotja. A kék színnel jelölt modul három déli országot, Spanyolországot, Görögországot és a Dél-afrikai Köztársaságot foglalja magába.

A 2008-as válság alatti és az azt követő időszakban szembevető a hálózat sűrűségének növekedése, ami egybevető a korábban tapasztalt idősoros elemzéssel. Továbbra is négy országcsoporthat (modul) különböztethetünk meg, azonban a modulok összetétele, tagjainak száma jelentős mértékben megváltozott. A legmagasabb ki-fokszámmal ebben az időszakban az Egyesült Királyság ($d_{ki} = 16,1778$), Belgium ($d_{ki} = 15,9112$) és az Egyesült Államok ($d_{ki} = 14,3334$) rendelkeznek.

A 18. ábra alapján megállapítható, hogy a 2008-as válság előtti időszakban a legnagyobb súlyozott be-fokszáma Olaszországnak ($d_{be} = 3,3556$), Svédországnak ($d_{be} = 2,6445$), Franciaországnak ($d_{be} = 2,4667$), Németországnak ($d_{be} = 1,9778$) és Finnországnak ($d_{be} = 1,9778$) van. A felsorolt öt ország közül három ország (Franciaország, Németország és Olaszország) a zöld színnel jelölt országcsoporthatba tartozik. A modulba tartozó legtöbb ország magas be-fokszámmal rendelkezik. Ez jellemző a lila színnel jelölt országcsoporthat is, ellenben a kék és narancssárga színnel jelölt országcsoporthat be-fokszámai alacsonyabbak a 2008-as válságot megelőző időszakban. Az öt legmagasabb be-fokszám értékű ország közül három (Olaszország, Svédország és Finnország) különböző modulban található, azaz az adott országcsoporthatban a legmagasabb be-fokszámmal rendelkeznek. A negyedik modulban a legtöbb befelé irányuló kapcsolata Spanyolországnak ($d_{be} = 1,9556$) van.

A 2008-as válság után a legnagyobb be-fokszámmal rendelkező, azaz a sokkokra legérzékenyebb országok: Dánia ($d_{be} = 14,8000$), Mexikó ($d_{be} = 13,1556$), Finnország ($d_{be} = 12,7778$) és Ausztria ($d_{be} = 12,6889$).

Szembevető, hogy a 2008-as válság alatt és azt követően a korábban bemutatott három legmagasabb ki-fokszámú országra (Egyesült Királyság, Egyesült Államok és Belgium) egyaránt jellemző, hogy a válság utáni időszakban alacsony súlyozott be-fokszámmal rendelkeznek (18. ábra), ezek az országok tehát elsősorban a sokkok potenciális

terjesztői, viszont őket a vizsgált nemzetgazdaságok esetleges sokkjai kevésbé vagy lassabban befolyásolják. Ez a jelenség, hogy az országok ki-fokszám és a be-fokszám értékei nagyon eltérőek, több ország esetében is megfigyelhető, ezért érdemes lehet a fokszámok egymáshoz viszonyított arányát megvizsgálni:

$$r_d = \frac{d_i^{ki}}{d_i^{be}}. \quad (20)$$

A fokszámok egymáshoz viszonyított arányának (r_d) vizsgálatával megállapítható, hogy a 2008-as válság alatt/után Belgium ($r_d = 35,8000$), az Egyesült Királyság Svájc ($r_d = 21,4118$) és Ausztrália ($r_d = 13,9231$) ki-fokszám értékei a legmagasabbak a be-fokszám értékükhöz viszonyítva, azaz a három ország hálózatban betöltött szerepe a sokkok terjesztése.

Ezzel szemben Izland ($r_d = 0.0662$), Görögország ($r_d = 0.0773$) ki-fokszámai a legalacsonyabbak a be-fokszám értékeihez képest, azaz ez a két ország a 2008-as válságot követően alapvetően sokkokat elnyelő szerepet töltött be.

Annak érdekében, hogy részletesebb képet kapjunk arról, hogy mely országokra jellemző inkább az, hogy a sokkok forrásaként, illetve elnyelőiként jelennek meg ebben a sokkterjedési hálózatban, sőt a válság előtti és válság alatti/utáni időszakok is összehasonlíthatók legyenek, érdemes megvizsgálni a súlyozott ki-fokszámok teljes fokszámhoz viszonyított arányát (r_d^{tot}):

$$r_d^{tot} = \frac{d^{ki}}{d^{tot}}, \quad (21)$$

ahol a d^{tot} a teljes fokszámot jelöli.

Ha egy ország fokszámaránya $r_d^{tot} = 0$, akkor ez azt jelenti, hogy csak a sokkok elnyelőjeként jelent meg a hálózatban, forrásként egyszer sem, ellenkező esetben, ha fokszámaránya $r_d^{tot} = 1$, akkor csak sokk-terjesztő szerepe van a hálózatban. A kiegyensúlyozott fokszámokkal rendelkező országok esetében $r_d^{tot} = 0.5$.

A 19. ábra az országok válság előtti és válság alatti/utáni fokszám-arányaikat (r_d^{tot}) mutatja egy buborékdiagramon, ahol a buborékok színei továbbra is a modulokra utalnak, méretei az országok súlyozott, teljes fokszámának növekedési arányát szemléltetik a válság előtti időszakhoz képest:

$$\Delta r_d^{tot} = \frac{r_{d,t=VA}^{tot}}{r_{d,t=VE}^{tot}}, \quad (22)$$

ahol az indexben szereplő $t = VA$ a válság alatti/utáni aggregált hálózatcsúcsainak fokszámarányát, a $t = VE$, a válság előtti aggregált hálózat csúcsainak fokszámarányát jelöli. Így minden ország esetében láthatjuk, hogy milyen mértékben részesült a válság során bekövetkezett drasztikus fokszám növekedésből, és hogy a fokszám növekedése jellemzően a kifelé mutató kapcsolatok vagy a befelé mutató kapcsolatoknál jelentkezett-e erőteljesebben. Mindkét tengelyen lefedik a buborékok a 0 – 1 skálát, azaz a fokszám-arányok szóródási tartománya nagy. A válság alatt/után a szóródás erősödik, ugyanis több ország közelít a nullához közeli fokszámarányhoz. Ez azt jelenti, hogy ebben az időszakban több ország válik szélsőségesen a válságok elnyelőivé. Ezzel párhuzamosan a közepes fokszám-arány értékek eltűnnek, a polarizáltság nő.

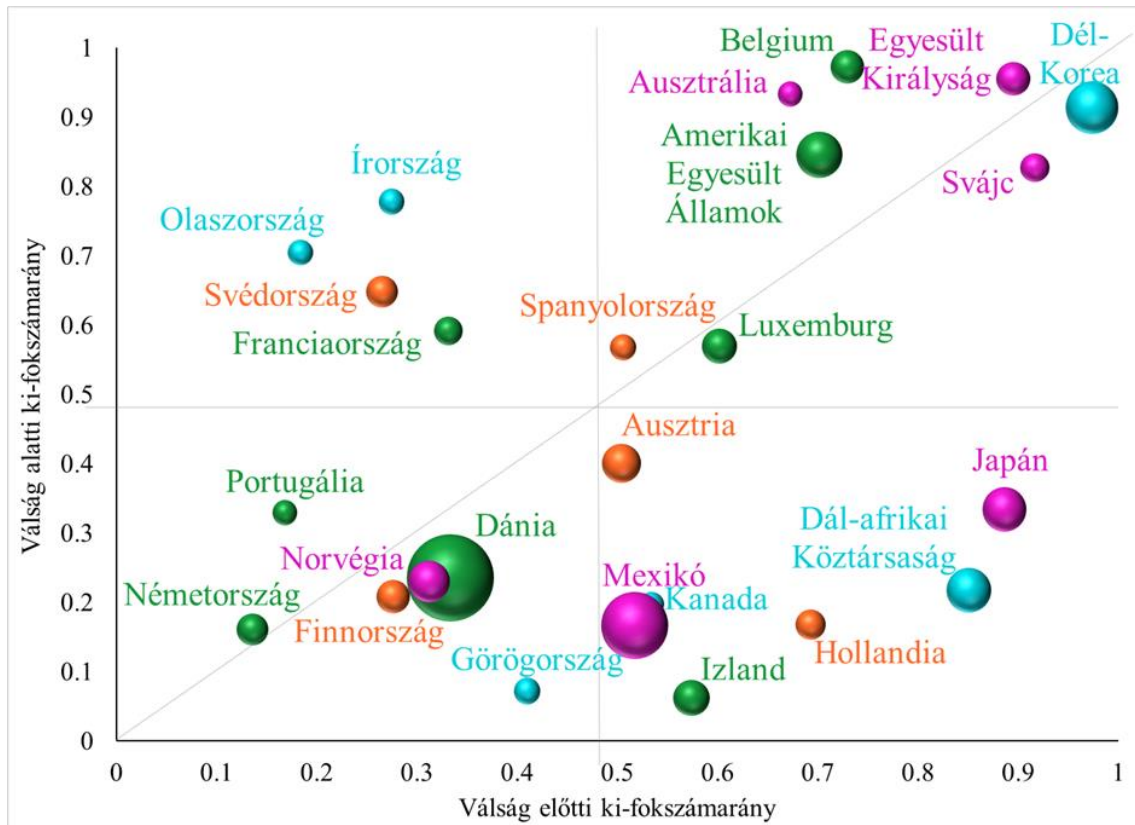
A válság előtt 10 ország jellemezhető 50% alatti ki-fokszám aránnyal, a ki- és be-fokszámok 5 ország esetében nagyjából egyenlőek, és 10 ország rendelkezik erős ki-fokszám aránnyal. Ezzel szemben a válság alatt az egyenlő ki-fokszám és be-fokszám kevésbé jellemző. 13 ország be-fokszáma és 12 ország ki-fokszáma magasabb a teljes fokszámukhoz viszonyítva. Mindebből látható a polarizáció, hogy a válság alatt és azt követően az országok a kiegyensúlyozottabb terjesztő/fogadó pozíciók felől jellemzően szélsőségesebb pozíciók felé mozdultak el, tehát inkább terjesztőkké vagy inkább fogadókká váltak.

Négy országcsoportot különböztethetünk meg a ki-fokszám arányok segítségével. Az első csoportot a válság előtt és alatt/után is 50%-nál magasabb ki-fokszám aránnyal rendelkező országok alkotják, amelyek a koordináta-rendszer jobb felső részén találhatóak. Ausztrália, az Egyesült Államok, Belgium az Egyesült Királyság, Svájc, és Dél-Korea, valamint Luxemburg mindkét időszakban a sokkok lehetséges terjesztői. Ezekre az országokra jellemző, hogy vagy (1) nem növekedett jelentős mértékben a válság hatására a kapcsolati száma, (2) vagy a befelé és kifelé mutató kapcsolatok aránya nem változott jelentős mértékben. A buborékok mérete e két eset közötti különbségre világít rá. Az Egyesült Államokban és Dél-Koreában például jelentős fokszámnövekedés történt, az Egyesült Államokban a ki-fokszám arány alacsony mértékben növekedett, Dél-Korea esetében minimálisan csökkent. Ausztrália esetében azonban nem történt jelentős mértékű fokszám növekedés, ellenben a fokszámok aránya erőteljesebben változott.

A koordináta-rendszer origóhoz közeli bal alsó részén azok az országok helyezkednek el, amelyek mindkét időszakban alapvetően a sokkok elnyelői (Németország, Portugália, Finnország, Norvégia, Dánia és Görögország). Dánia súlyozott fokszáma növekedett a legnagyobb mértékben a 25 ország közül. A 45° -os egyenes mentén és a fenti

két országcsoporthoz tehát a fokszám-arányokat stabilnak tekinthetjük. A válság előtti időszakban potenciális terjesztő országok valóban sokkterjesztővé válnak, a sokkok elnyelői pedig továbbra is magas befelé irányuló kapcsolattal rendelkeznek.

19. ábra: A válság előtti és a válság alatti/utáni fokszám-arányok



Forrás: saját szerkesztés.

A diagram bal felső részén azok az országok találhatóak, amelyek a válság alatt/után a sokkok forrásai, azonban a válság előtti időszakokban inkább azok elnyelői voltak (pl.: Olaszország, Írország, Svédország, Franciaország). Annak ellenére azonban, hogy a ki-fokszám arányaik emelkedtek, a teljes kapcsolati számuk növekedése elmarad az átlagostól.

Az ábra jobb alsó részén azok az országok szerepelnek (Izland, Hollandia, Dél-afrikai Köztársaság, Japán), amelyek a válság előtt magasabb ki-fokszám aránnyal rendelkeztek. Általában jellemző rájuk, hogy a kapcsolati számuk átlagon felül nőtt a válság hatására, és ez a be-fokszámok erősebb növekedéséhez vezetett, így a válság elnyelői lettek.

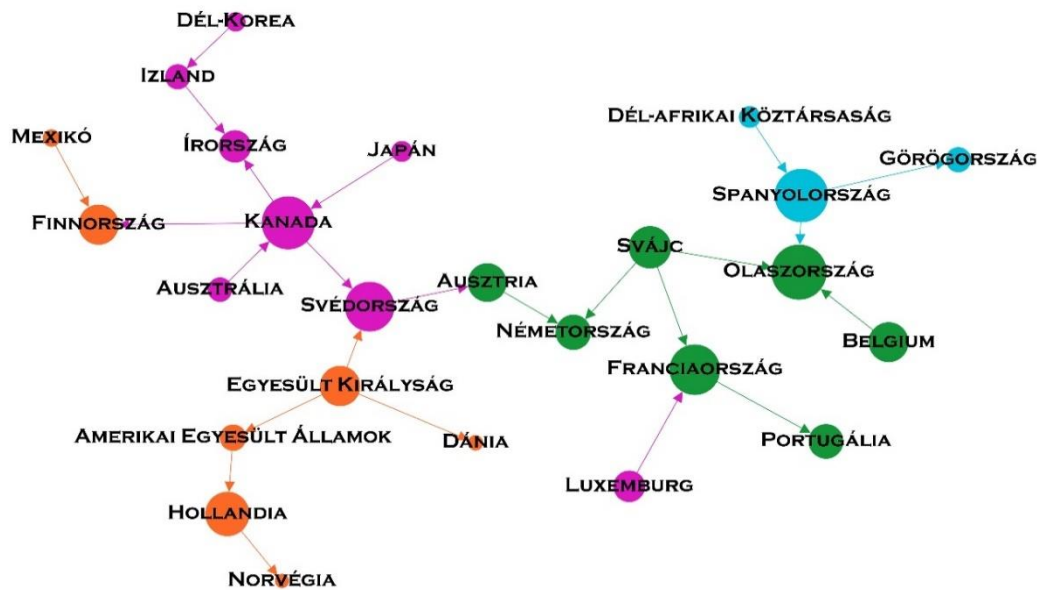
Fontos megállapítani, hogy a 4 csoporthoz való tartozás nem mutat szoros összefüggést sem a korábban definiált modulokkal, sem azzal, hogy mennyiben változott az egyes országok hálózati kapcsoltsága a két vizsgált időszak között.

Bár a fenti ábrák alkalmasak a hálózati modulok személtetésére, a viszonylag sűrű szerkezet, a finomabb topológiai jellemzők feltárását vizuálisan nem teszi lehetővé. Ezt a problémát áthidalandó, maximális feszítőfa alkalmazásával redukálható a megjelenített kapcsolatok száma. A válság előtti és utáni hálózatok maximális feszítőfáját ábrázolja a *20. ábra* és a *21. ábra*. A csúcsok színei továbbra is a korábban meghatározott modulokat jelölik, méretük a teljes súlyozott fokszámot mutatja. A módszer segítségével a legmagasabb élsúlyú irányított kapcsolatok vizsgálhatók, amely itt az országpárok közötti leggyakrabban előforduló kapcsolatokat jelenti a 2008-as válság előtt vagy alatt/után. Ez a módszer alkalmas a hálózat legstabilabb, leginkább meghatározó kapcsolatainak feltáráására.

A válság előtti időszakra jellemző (*20. ábra*), hogy a legnagyobb élsúlyok elsősorban az egy modulhoz tartozó országok között jönnek létre. Látható az is, hogy a legtöbb magas élsúlyú kapcsolattal Kanada rendelkezik, amelyek közül három kifelé, kettő befelé mutató. Kanada a negyedik legmagasabb ki-fokszámmal rendelkező ország ebben az időszakban. Továbbá hat ország három olyan kapcsolattal rendelkezik, amelyek a válság előtti időszakban a leggyakrabban fordultak elő. Közülük Svédországnak, Franciaországnak és Olaszországnak van a legtöbb befelé mutató leggyakoribb kapcsolata (egyben a három legmagasabb súlyozott be-fokszámmal rendelkező országok is). Az Egyesült Királyságnak, Spanyolországnak és Svájcnak több kifelé mutató leggyakoribb kapcsolata van (és mindhárom ország az öt legmagasabb súlyozott ki-fokszámmal rendelkező országok között található). A legtöbb ország azonban egy vagy két kapcsolattal került a maximális élsúlyú feszítőfába.

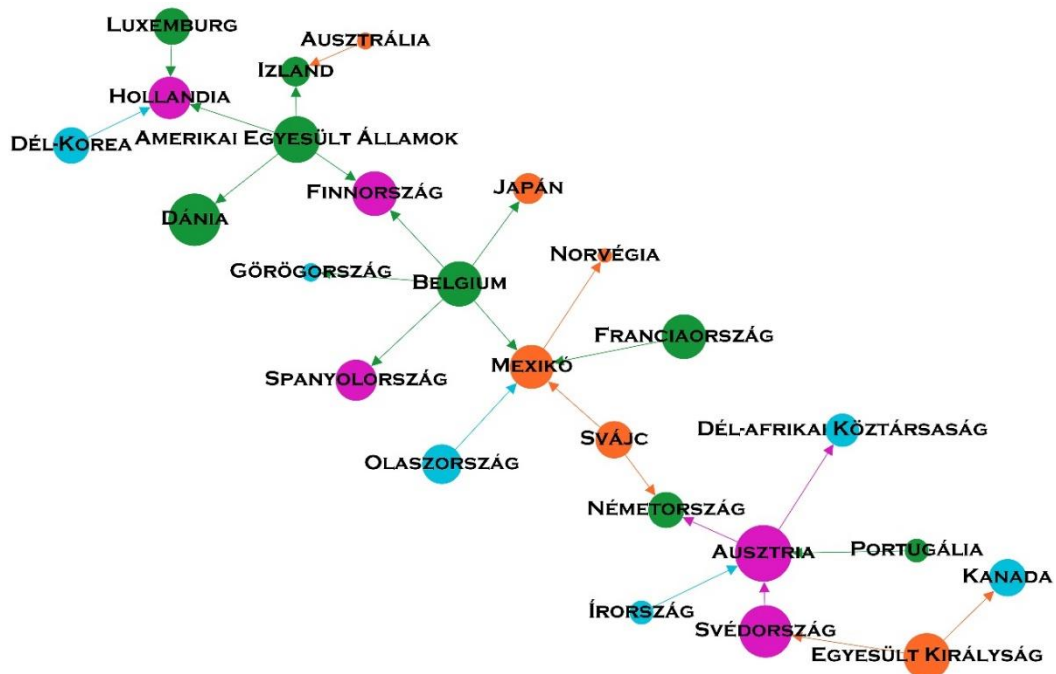
A válság alatt/után (*21. ábra*) a legtöbb nagy élsúlyú kapcsolattal Belgium, Mexikó és Ausztria rendelkezik. Belgium 5 leggyakoribb kapcsolata egységesen kifelé mutató kapcsolat, ezzel szemben Mexikó egyetlen gyakori kifelé mutató kapcsolattal rendelkezik, Ausztria pedig kettővel. Továbbá az Egyesült Államok (4 leggyakoribb ki-fokszám) és Hollandia (3 leggyakoribb be-fokszám) stabil kapcsolatainak száma kiemelkedő a maximális élsúlyú feszítőfán. A válság alatt/után is a legtöbb ország egy vagy két kapcsolattal került be a maximális feszítőfába.

20. ábra: A Granger-okság hálózat maximális feszítőfája a 2008-as válság előtti időszakban



Forrás: saját szerkesztés.

21. ábra: A Granger-okság hálózat maximális feszítőfája a 2008-as válság alatti/utáni időszakban



Forrás: saját szerkesztés.

A fokszámok gyakoriságában kisebb mértékű változás figyelhető meg a két időszak maximális feszítőfája között. Mindkét esetben a legtöbb ország egy vagy két gyakori kapcsolattal rendelkezik (a leggyakoribb kapcsolatok közül), néhány ország viszont több kapcsolattal is a maximális feszítőfába került. A válság után azonban az egy kapcsolattal rendelkező országok száma növekedett, de adódik olyan is, amely öt kapcsolattal rendelkezik. Mindkét időszakban a gyakori kapcsolatok eloszlását pozitív ferdeség jellemzi, amely a válság hatására magasabb lesz, a ki-fokszámok (1,0831/1,9199)¹⁵, a be-fokszámok (0,4694/1,1968) és a teljes foksám (1,1438/1,4929) esetében is.

Szintén jellemző, hogy a válságot követően az országok láncszerűen helyezkednek el a hálózatban, ami megerősíti a longitudinális elemzés kapcsán levont, a hálózat szerkezetére vonatkozó következtetést. A láncszerű szerkezet erősödése megfigyelhető a 20. ábra és a 21. ábra összehasonlításával. A válság előtt ugyanis a leghosszabb lánc, amely a feszítőfa alapján készíthető 11 ország kapcsolatain keresztül rajzolható fel, kiindulva Dél-Koreából Spanyolországig. Ezzel szemben a válság alatt/után ez a lánc hosszabb, 12 ország kapcsolatain keresztül rajzolható fel Luxemburg és az Egyesült Királyság között. Amennyiben megvizsgáljuk, hogy a leghosszabb lánchoz hogyan kapcsolódnak az országok a két feszítőfán, azt tapasztaljuk, hogy a válság előtt több ország legalább 2 vagy 4 kapcsolaton keresztül (például Norvégia) csatlakozik a feszítőfához. A válság alatt/után azonban a legtöbb ország közvetlenül, vagy legfeljebb két kapcsolaton keresztül csatlakozik a leghosszabb felrajzolható lánchoz.

A feszítőfa kapcsolatainak irányát figyelembevéve azt is megvizsgáltam, hogy mennyire jellemző, hogy a sokkterjedés egy irányban valósul meg a legfontosabb, a leggyakoribb kapcsolatokon keresztül. A válság előtt felrajzolhatók hosszabb sokkterjedési láncok a feszítőfán (például Mexikótól Németország irányába 5 kapcsolaton keresztül), a válság alatt/után viszont ilyen egyirányú lánc nem írható fel a leggyakoribb kapcsolatokat vizsgálva. Ez is alátámasztja, hogy a válság alatt/után az országok polarizálódnak, vagy a sokkok terjesztőivé vagy azok elnyelőivé válnak. Továbbá magyarázatot ad arra, hogy a válság alatt az átlagos elérési utak (3.1.3.3. *alfejezet*) miért hosszabbak a véletlen hálózatokhoz képest.

A hálózati modulok tekintetében az is látható, hogy a csoportok nem különülnek el élesen a maximális feszítőfában, egyes modulok blokkjai „beékelődnek” más modulok ország-blokkjai közé. Ez azt jelzi, hogy bár a modulok detektálhatóak a hálózatban és a

¹⁵ (válság előtt/válság utáni értékek)

legerősebb kapcsolatok jellemzően e modulok között találhatóak, a modulok között is vannak erősebb összekötő kapcsolatok. Tehát vannak olyan ország-párok, amelyek ugyan más modulokba tartoznak, jellemző közöttük a sokkterjedés. Ezek a modulok közötti erősebb kapcsolatok ugyanakkor azt eredményezik, hogy a hálózat egészében gyorsabban terjednek a sokkok.

Összefoglalva a pozíciók és modulok vizsgálatának eredményeit, több szerkezeti változás is tapasztalható. Egyrészt a 2008-as válság után a vizsgált oksági hálózat súlyozott fokszámai kétszeresére növekedtek, tehát jellemzőbb lett az országok közötti sokkterjedés, az országok közötti sokk-transzmisszió stabilabban, tartósabban jelentkezik adott ország-párok esetén is a válság utáni időszakban. Valamelyest átrendeződött a ki- és be-fokszámok aránya is: jellemzőbb lett, hogy az országok a kiegyensúlyozottabb pozícióból egy szélsőségesebb, elsősorban sokk-terjesztő vagy sokk-elnyelő pozícióba kerültek a válság után. Megfigyelhető a legjelentősebb kapcsolatokat tartalmazó maximális feszítőfa átalakulása is: megváltozott a centrális pozíciót betöltő országok köre.

3.2.7. Az eredmények összefoglalása

Összefoglalva a 25 ország GDP-együttmozgásának 1961 és 2019 közötti időbeli változásait vizsgáló alfejezet főbb eredményeit, közelebb kerülhetünk a dolgozatban feltett első kutatási kérdés megválaszolásához. Az ország-páronkénti információkból felrajzolt hálózatok topológiai elemzése és a topológiai szerkezet időbeli változásainak vizsgálata során arra a kérdésre kerestem a választ, hogy változott-e a sokkok terjedésének szerkezete az országok között és ha igen, milyen minták mentén.

Amennyiben a sokkterjedési hálózat szerkezete változik, az arra utalhat, hogy az üzleti ciklusok szinkronizáltságának növekedése mögött nem kizárólag a globális sokkok gyakoriságának növekedése áll, hanem az is, hogy az országok közötti gazdasági-pénzügyi integráció erősödése szükségképpen szelektíven, aszimmetrikusan zajlik, így átrendezi a különböző csatornákon terjedő sokkok hálózati mintázatát. A GDP növekedési rátákból kétféle módszerrel hoztam létre a sokkterjedési hálózatot: egyrészt a növekedési ráták korrelációját vizsgáltam egy periódusos késleltetéssel, másrészt a növekedési ráták közötti Granger-okságot teszteltem. Az eredmények robusztusságának tesztelése érdekében az országok közötti GDP szinkronizációt a GDP szint adataiból trendszűrővel létrehozott ciklikus komponenseken keresztül is megvizsgáltam. A sokkterjedési kapcsolatok létrehozásához ebben az esetben is a Granger-okság tesztet alkalmaztam. Az

elemzésekben használt mozgó időablakos módszer lehetővé tette a hosszú idősoron a hálózati szerkezet átalakulására vonatkozó dinamikus vizsgálat elvégzését.

Az eredmények alapján a 2008-as válság során jelentős strukturális változások tapasztalhatók az országok közötti sokkterjedési hálózatban. A kapcsolatok sűrűsége hirtelen és nagymértékben növekedett a válság alatt, amely elsősorban annak globális kiterjedtségére utal. A korrelációs elemzésnél finomabb, oksági hálózatok (GDP növekedési és a ciklikus komponensek alapján) elemzése is a sűrűség növekedését mutatja, amely alapján megállapítható, hogy a 2008-as válság során a sokkok terjedése felerősödött a korábbi időszakokhoz képest. A sűrűség változása már a Lehman-Brothers szeptemberi összeomlása előtt kimutatható.

További hálózati mutatók, az átlagos elérési út, a klaszterezettség, a fokszámferdeség elemzése pontosabb képet ad a szerkezet megváltozásáról. Minden esetben elmondható, hogy a 2008-as válság egy jelentősebb cezúrát jelent a szerkezeti viszonyokban, azonban azt megelőzően/követően is láthatóak szerkezeti változások.

Erdős és Rényi véletlen hálózatának szerkezetéhez viszonyítva, amely egy olyan világot ír le, amelyben a sokkok véletlenszerűen, egymástól függetlenül terjednek országok között, az elérési utak jellemzően hosszabbak, míg a klaszterezettség (csoportképződés) a korrelációs hálózat esetében magasabb, a Granger-okság és a HP Granger-okság hálózat esetében azonban a véletlen hálózathoz hasonlóan alakul. Mindhárom valós hálózat szorosan követi a konfigurációs modell átlagos elérési útjának hosszúságát, amelyek a valós hálózat fokszámait követik. Az átlagos elérési utak Erdős-Rényi véletlen modelltől való eltérő értékének tehát egyik magyarázata a láncszerűség, a sokkterjedés hálózatát jellemző terjesztő és annak hatásait elnyelő országok jelenléte, továbbá a fokszámok eloszlásának megváltozása. A hálózatok ki-fokszámainak és be-fokszámainak ferdesége azonban nem tér el szignifikánsan a véletlen hálózatokétól, a teljes fokszám viszont a 2008-as válságot követően a véletlen hálózathoz képest is alacsony értéket vesz fel.

Mindez azt jelenti, hogy érdemi szerkezeti változás ment végbe a sokkterjedés hálózatában: egy rövid elérési utakkal és magasabb klaszterezettséggel jellemezhető ún. kisvilági szerkezet felől egy fordított, láncszerű struktúra felé mozdult el a hálózati topológia, amelyben jellemzőek a válságot inkább terjesztő és azt inkább elnyelő országok.

A hálózat mikroszkopikus jellemzőinek elemzéséhez a vizsgált időablakokat aggregáltam a válság előtti és alatti/utáni időszakra, így a sokkterjedési hálózat két részletes térképét rajzoltam meg. Fő konklúzióként megfogalmazható, hogy a válság alatt/során a hálózat szerkezete érdemben átalakult. A hálózat súlyozott fokszáma a kétszeresére

növekedett, ami tükrözi a válság után sűrűbben összekapcsolt hálózatok szerkezetét. Ezen túlmenően megváltozott a hálózatban központi szerepet betöltő országok köre, valamint elmozdulás történt a tekintetben is, hogy mely országokra jellemző a sokkok terjesztése és azok elnyelése.

Elmondható, hogy a válság előtt az országok jellemzően szimmetrikusabb pozíciót töltöttek be: a sokkok forrásaiként vagy elnyelőiként jelentek meg a hálózatban. A válságot követően azonban jellemzőbbé váltak a kevésbé kiegyensúlyozott, aszimmetrikus pozíciók, amiből arra következtethetünk, hogy a sokkok terjedésének gyakorisága nem azonosan vagy azonos valószínűséggel növekedett valamennyi ország-pár esetén, hanem oly módon, hogy az az egyes országok sokkot terjesztő vagy elnyelő tulajdonságát erősítette. Ez a kapcsolati szerkezet (néhány gazdaságilag kevésbé befolyásolható ország sok országra van hatással, viszont más erőteljesebben befolyásolható országok kevésbé gyakorolnak hatást a többi országra) az országok közötti átlagos elérési utak növekedéséhez vezethet, ugyanis több olyan országpár alakulhat ki, amelyek között nem létezik elérési út.

Az eredmények értékelése mellett fontos kiemelni az elemzés korlátait is. Az alkalmazott módszertanra való tekintettel, amely alapvetően az üzleti ciklusok késleltetett együttmozgását vizsgálja, fontos szem előtt tartani, hogy a több országot is érintő válságok egyidejűleg ugyanabba az irányba mozdíthatják ezeket a ciklusokat. Így az egymással korreláló ciklusok miatt az okság hiányát tesztelő nullhipotézis elutasítása gyakoribbá válhat. Ez azt jelenti, hogy a válságperiódusok speciális kiugró értékek lehetnek a vizsgált mintában, amelyek során a közös aggregált sokk, semmint a tényleges oksági viszonyok eredményezik a megfigyelt sokkterjedést. Érdekes tehát ellenőrizni ezeket az outlier időszakokat és megvizsgálni, hogy a kiugró értékek (válságperiódusok) nélkül a sokkterjedés tulajdonságai milyen mértékben változnak meg.

Továbbá, az üzleti ciklusok szűrésére alkalmazott HP-szűrő természetes ingadozásokat hoz létre a válságok időszaka körül: a válságot megelőzően a kibocsátási rések jellemzően pozitívok, a válság alatt és azt követően pedig negatívak. Globális, vagy a mintában szereplő országok nagyobb részét is érintő válság esetén ez a trendszűrt időszakok együttmozgásához vezet, ezzel növelve a felépített hálózat sűrűségét.

Összefoglalva, a válságos időszakok kiszűrésével a sokkterjedési hálózat hosszú távú mintázataira lehet következtetni, mivel ez a módszer a válságidőszakok körül megszünteti a globális sokkokra adott közös válaszok hatásait. Ez egyfajta robusztusság-ellenőrzésként is felfogható tehát, ahol a korábban kapott eredményeket úgy is

megvizsgáljuk, hogy a jellemző sűrűsödéseket mutató válságidőszakok hatását kiszűrjük a becslésből. A kutatási kérdés megválaszolásához fontos tehát ezt is elemezni, amelyre a következő alfejezetben kerül sor. A dolgozat további részeiben az elemzések már kizárólag a Granger-okság teszttel felépített hálózatokon alapulnak, a korrelációs elemzést elhagyom. Bár a főbb következtetések hasonlóak, az elemzések alapján az oksági hálózatok – a módszertani sajátosságok következményeképpen – valamivel pontosabban megragadja az országok közötti sokkterjedést.

3.3. Az üzleti ciklusok szinkronizáltságának alakulása a recessziós- periódusok kiszűrésével

Ebben az alfejezetben a globális makrogazdasági sokkterjedési hálózatok elemzése kiegészül a válságszűrt Granger-okság és HP Granger-okság hálózatok vizsgálatával (2. táblázat). Ezekben a hálózatokban az országok közötti kapcsolatok úgy épülnek fel, hogy a Granger-okság teszt elvégzése során a gazdasági válságok időszakai kimaradnak. A hálózatelméleti mutatók eredményei összevethetők a korábbi eredményekkel, valamint azáltal, hogy megmutatják, hogy a válságperiódusok kihagyásával milyen az országok közötti gazdasági szinkronizáció, arra is következtethetünk, hogy a gazdasági válságok milyen hatással vannak a hálózati topológiára.

A korábbi elemzések során a sokkterjedési hálózatban tapasztalt strukturális változások (például a hálózat sűrűségének növekedése) a gazdasági válságok, főként a 2008-as válság alatt tapasztalhatók. Ezért érdemes ezeket az eredményeket óvatosan kezelni, valamint a válság időszakában az eredmények robusztusságát megvizsgálni. Amennyiben a válságperiódusok kiszűrését követően ezek az átalakulások nem figyelhetők meg, akkor elmondható, hogy a szerkezeti átalakulás kizárólag a sokkoknak köszönhető, azaz a gazdasági szinkronizáció növekedése a globális sokkok gyakoribbá válásával magyarázható. Ellenkező esetben az állapítható meg, hogy az országok közötti szinkronizáció növekedése a válságoktól függetlenül is jelen van, és az egyre nagyobb komplexitás is felelőssé tehető a rendszer sebezhetőbbé válása, a nagyobb gazdasági integráció és a sokkok gyorsabb terjedése kapcsán.

A topológiai elemzést továbbra is az a kérdés motiválja, hogy a sokkterjedés mintázata véletlenszerű-e vagy sem. Ezért a válságperiódusokat nem tartalmazó hálózatokat ismét érdemes a korábban bemutatott módszerek alapján, Erdős és Rényi véletlen hálózatával összevetni. Ez a módszer ad egy kezdeti képet arról, hogy a sokkterjedési kapcsolatok szisztematikusan vagy véletlenszerűen jelennek-e meg az országok között.

Kiegészítésképpen azonban fontos azt is megvizsgálni, hogy az országpárok között megfigyelt kapcsolatok tartósak-e vagy változékonyak a vizsgált időszakban.

3.3.1. A válság időszakok kiszűrésének módszere

A válságokat nem tartalmazó (a továbbiakban: válságszűrt) Granger-okság és HP Granger-okság hálózatok felépítéséhez ismét a dolgozat 3. és 4. egyenletei (a Granger-okság teszthez használt restricted és unrestricted modellek) alapján a sokkterjedési hálózatok kapcsolati mátrixainak elemeit határoztam meg. A korábbi elemzésekhez képest az eltérés ebben az esetben az, hogy az idősorokból (GDP növekedési és HP-szűrt) az időablakonként elvégzett páronkénti Granger-okság tesztek során kimaradtak azok a megfigyelések az érintett időablakokban, amelyek a dolgozatban recessziós időszakként szerepelnek. Ezek az időablakok tehát ugyanazokat az időszakokat fedik le, mint a korábbi elemzések, a különbséget az jelenti, hogy a recessziók időszakaiban az időablakok kevesebb megfigyelésből állnak.

A válságidőszakok kiszűrése érdekében azt használom ki, hogy a Granger-okság teszthez használt 3. és 4. egyenletek által leírt regressziós becslések alapvetően keresztmetszeti logikában alkalmazhatóak: az adatok időszerkezetét úgy kapjuk, hogy az egyenlet jobb oldalán használt idősort a késleltetés mértékétől függően egy vagy több periódussal eltoljuk a baloldali idősorhoz képest. Az így felépített becslésből kiemelhetők azok a megfigyelések (sorokat), amelyek vagy a bal, vagy a jobb oldalon tartalmazzák a válságos időszakokat.

A 7. táblázat szemlélteti a dolgozatban alkalmazott válságszűrés pontos módszerét. Az *A táblázat* azt az esetet mutatja be, amikor az alkalmazott becslési algoritmus az információs kritériumok alapján egyperiódusos késleltetést alkalmaz, míg a *B táblázat* a kétperiódusos késleltetés esetét szemlélteti. A táblázatok első oszlopa a megfigyelés sorszámát, azonosítóját tartalmazza, a második oszlopa a becslés (bal oldali) eredményváltozóját, a harmadik, és a *B táblázat* esetén a negyedik oszlop a becslés magyarázó (jobb oldali) változóját tartalmazza (egy- és kétperiódusos késleltetés mellett). A változók indexei a táblázatban a tényleges időszakokra utalnak (vastagon szedett változók). Tegyük fel, hogy egy válságot az 5. és 6. negyedévben (megfigyelés) azonosítottunk. Egyperiódusos késleltetés alkalmazása esetén e két negyedév mellett a 7. megfigyelést sem szabad figyelembe venni a számítások során, ugyanis tartalmazza az \hat{x}_6 megfigyelést, amely recessziós időszakra vonatkozó adat. Kétperiódusos késleltetés alkalmazása mellett továbbá a 8. megfigyelést (sort) sem szabad figyelembe venni a számítások során, belátható

ugyanis, hogy ebben az esetben a recessziós időszak még egy további megfigyelésnél jelen van.

7. táblázat: A Granger-okság tesztelésből kihagyott megfigyelések kiválasztása

<i>A (lag=1)</i>			<i>B (lag=2)</i>			
Megfigyelések	y_t	x_{t-1}	Megfigyelések	y_t	x_{t-1}	x_{t-2}
1.	\hat{x}_1	\hat{x}_0	1.	\hat{x}_1	\hat{x}_0	\hat{x}_{-1}
2.	\hat{x}_2	\hat{x}_1	2.	\hat{x}_2	\hat{x}_1	\hat{x}_2
3.	\hat{x}_3	\hat{x}_2	3.	\hat{x}_3	\hat{x}_2	\hat{x}_1
4.	\hat{x}_4	\hat{x}_3	4.	\hat{x}_4	\hat{x}_3	\hat{x}_2
5.	\hat{x}_5	\hat{x}_4	5.	\hat{x}_5	\hat{x}_4	\hat{x}_3
6.	\hat{x}_6	\hat{x}_5	6.	\hat{x}_6	\hat{x}_5	\hat{x}_4
7.	\hat{x}_7	\hat{x}_6	7.	\hat{x}_7	\hat{x}_6	\hat{x}_5
8.	\hat{x}_8	\hat{x}_7	8.	\hat{x}_8	\hat{x}_7	\hat{x}_6
9.	\hat{x}_9	\hat{x}_8	9.	\hat{x}_9	\hat{x}_8	\hat{x}_7
...
T.	\hat{x}_T	\hat{x}_{T-1}	T.	\hat{x}_T	\hat{x}_{T-1}	\hat{x}_{T-2}

Forrás: saját szerkesztés.

Azért, hogy az üzleti ciklusokhoz használt HP-szűrő korábban említett kilengéseire teljeskörűen kontrolláljak, nemcsak a válságot követő periódusokat zártam ki a Granger-okság teszteléséből (azaz amelyekben szerepel valamely válságidőszak) a válság-szűrt mintán, hanem a válságot megelőző periódusokat is. Hüvelykujj-szabály szerint ugyanannyi negyedévet hagytam ki a válságos negyedéveket megelőzően, amennyit a válság miatt szükséges mellőznünk a fenti logika alapján. A 7. A táblázat példája esetében ez további 2 megfigyelést érint (3-4. megfigyelés).

A 2008-as válság esetében ez egyperiódusos késleltetés esetén 11 megfigyelést érint, a 2008Q3-at, valamint a következő 4 negyedévet (mint válságperiódust), továbbá az azt követő negyedévet (a késleltetés miatt), valamint a hüvelykujj-szabály alapján a 2008Q3 előtti 5 negyedévet. A többi vizsgált recesszió esetében ennél rövidebb időszakokat hagytam ki a becslésből, egyperiódusos késleltetés esetén általában 3 időszakot, a válságperiódust és az utána és előtte következő megfigyelést. Ezek a recessziók ugyanis jelentősebb cezúrát nem jelentettek a vizsgált országok közötti kapcsolatok elemzése során, hiszen nem is érintették az összes vizsgált országot, valamint hatásuk is jelentősen rövidebb volt a 2008-2009-es válság hatásaihoz képest.

3.3.2. Az üzleti ciklusok szinkronizációjának változása a recessziós időszakok nélkül

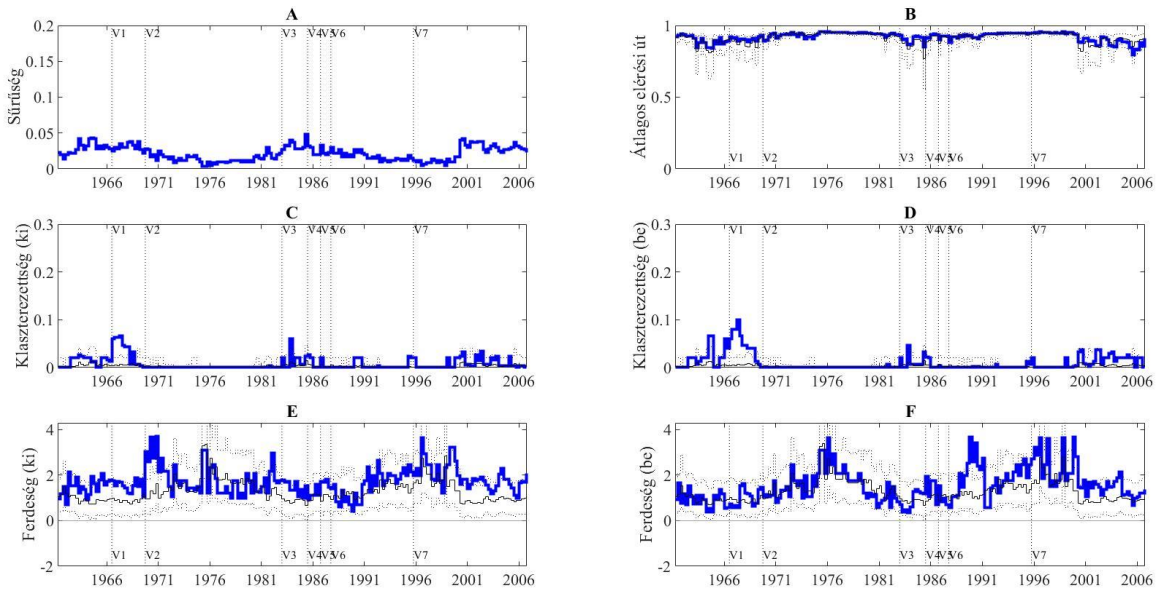
A 22. ábra és a 23. ábra a válságperiódusok nélkül becsült kapcsolati mátrixokon alapuló hálózatok topológiai tulajdonságait mutatja a korábban bemutatott elemzés alapján. A korábbi eredményekkel való összehasonlíthatóság érdekében a jelölések megegyeznek az eddig használtakkal.

A 22. ábra a GDP növekedési adatok alapján számolt Granger-okság hálózat topológiai tulajdonságainak változásait mutatja, a 23. ábra a HP-szűrt GDP adatok ciklikus komponenseinek együttmozgásán alapul. Mindkét ábra alapján megállapítható, hogy a 2008-as válság időszakáig (V7) a megfigyelt minták nagyon hasonlóak annak ellenére, hogy a legtöbb mutató volatilitása a recessziós időszakok kihagyása miatt jelentős mértékben csökkent. Az eredmények robusztussága egyrészt annak köszönhető, hogy a korábbi válságok rövidebbek voltak (jellemzően egy negyedévet érintettek, azaz a korábban bemutatott módszer alapján jellemzően 3 megfigyelés kihagyásával jártak), másrészt a korábbi válságok a vizsgált országoknak csak egy részhalmazát érintették erőteljesebben.

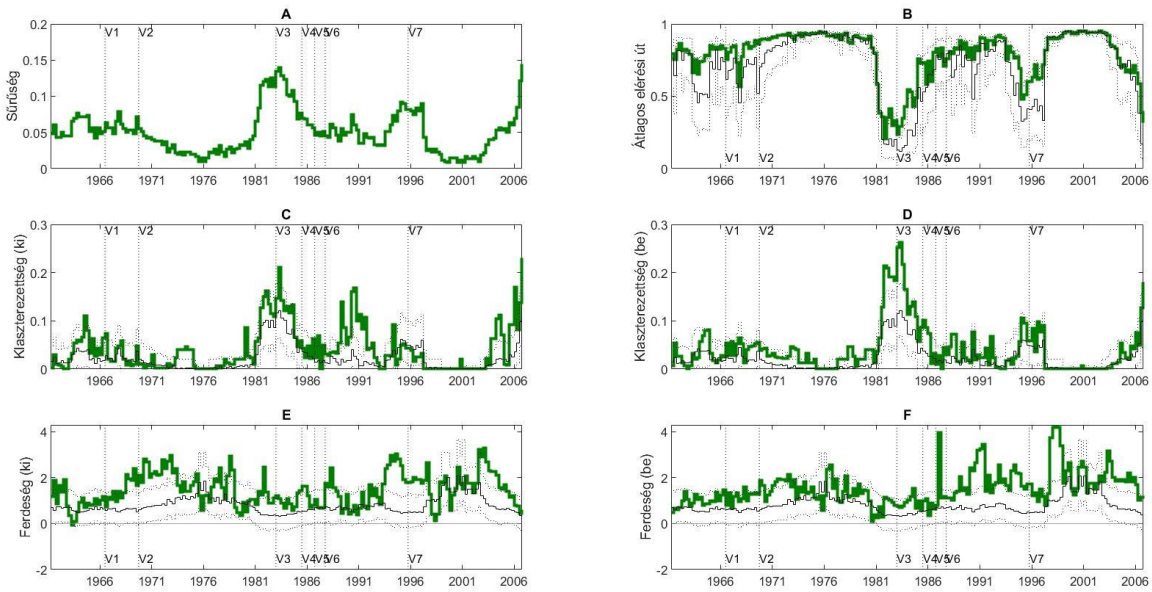
Ezzel ellentétben a 2008-as válság a mintában szereplő valamennyi országra hatással volt, és jellemzően nagymértékben és hosszabb időszakon keresztül (11 negyedév kiszűrését eredményezve) érintette az országokat. Ez megmagyarázza a 2008-as válság utáni időszak eredményeinek eltérését a válságot tartalmazó és a válságidőszakokat figyelmen kívül hagyó elemzések között.

A 22. ábra és a 23. ábra alapján fontos megjegyezni, hogy a válságot nem tartalmazó hálózatok sűrűsége szignifikánsan (5 – 10%ponttal) kisebb, mint az eredeti hálózaté. Ennek oka a válságperiódusok figyelmen kívül hagyása, ugyanis a korábbi elemzések is rávilágítanak, hogy a válságok időszakában nagyobb az együttmozgás, több oksági kapcsolat figyelhető meg. Amikor a Granger-okság tesztek során kimaradnak a válságot tartalmazó megfigyelések, akkor a kapcsolati mátrixokból az eredeti kapcsolati mátrixokhoz képest arányaiban több 1-es tűnik el, mint 0, így a hálózat sűrűsége is kisebb lesz.

22. ábra: A Granger-okság hálózat topológiai tulajdonságainak alakulása a válságperiódusok kihagyása mellett



23. ábra: A HP Granger-okság hálózat topológiai tulajdonságainak alakulása a válságperiódusok kihagyása mellett



Forrás: saját szerkesztés.

Az ábrákon továbbra is kék vonal jelöli a megfigyelt Granger-okság hálózat topológiai alakulását, zöld vonal a HP Granger-okság hálózatét, a fekete vonal az Erdős és Rényi hálózatokat, valamint pontozott vonallal a véletlen hálózatok 5. és 95. percentiliseit. A vízszintes tengelyek továbbra is az időablakokat jelölik (ebben az esetben maximálisan 52 megfigyelést, de a pontos megfigyelés szám a kihagyott megfigyelésektől függ). A függőleges szaggatott vonalak a válságok kezdő időpontjait mutatják. A függőleges tengelyek a következők: A: Sűrűség, B: Átlagos elérési út, C: Klaszterezettség (ki-fokszámok alapján), D: Klaszterezettség (be-fokszámok alapján), E: Ki-fokszám Ferdesség, F: Be-fokszám Ferdesség.

Ennek ellenére a sűrűség változása hasonló mintázatot mutat a hetvenes években megfigyelhető masszív völgygel, valamint a nyolcvanas évek elején hirtelen növekedéssel. A 2008-as válság körüli negyedévtől eltekintve nagyjából a nyolcvanas évek közepétől a sűrűség folyamatos csökkenése figyelhető meg. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a válságperiódusokban megfigyelhető, üzleti ciklusok közötti korreláció természetes növekedésétől eltekintünk, a sokkterjedés hálózata a 20. század végén ritkábbá vált.

A vizsgált időszak utolsó periódusaiban azonban ismét növekedett a sűrűség. Ez az eredmény összhangban van a korábbiakkal: a válságokat tartalmazó hálózat sűrűsége ugyanis a 2008-as válság hatására erősen megnövekedett, majd ezen a magasabb szinten maradt. A válságszűrt hálózatok eredményei tehát azt mutatják, hogy a válságot követő magas sűrűség nem kizárólag a válság hatására történő természetes együttmozgása az üzleti ciklusoknak, hanem az üzleti ciklusok hosszabb távú szinkronizáltsági mintázatából is következik. Ez az eredmény azokat a korábbi tanulmányokat (Doyle & Faust, 2002; 2005) egészíti ki, amelyek nem találtak szignifikáns kapcsolatot az elmúlt évtizedekben az üzleti ciklusok erősebb szinkronizációja és a globalizáció között.

A megfigyelések szerint a szinkronizáció a 20. század utolsó évtizedeiben és a 21. század első évtizedében csökkent, azonban a legutóbbi évtizedben ismét növekedni kezdett. Így, a korábban bemutatott eredményekkel együtt megállapítható, hogy a globális szinkronizáció az átmeneti sokkaktól független, saját ciklusait követi. Ennek ellenére a 2008-2009-es pénzügyi válság bár átmenetileg, de mégis jelentős hatással volt a terjedési hálózat sűrűségének alakulására.

Az átlagos elérési utak hosszának alakulásait a 22. *ábra* és a 23. *ábra B része*, a klaszterezettséget a 22. *ábra* és a 23. *ábra C és D része* mutatja. A mutatók vizsgálatakor a fő következtetés ugyanaz marad a válságperiódusok kiszűrését követően is: néhány időszakban az átlagos elérési út és a klaszterezettség is szignifikánsan magasabb a megfigyelt hálózatokban a véletlen hálózatokhoz képest. Azonban nagyon kevés így jellemezhető periódus található, ugyanis a válságszűrt hálózatok sűrűsége gyakran esik a 4% körüli küszöbérték alá.

A foksámok ferdeségének alakulását a 22. *ábra* és a 23. *ábra E és F része* mutatja be. A vizsgált időszak végén szignifikáns pozitív aszimmetria tapasztalható. Ez azt jelenti, hogy a foksámeloszlás alapján a legtöbb csúcs kevés kapcsolattal rendelkezik, néhány csúcsnak azonban relatív sok kapcsolata van. A be-foksámok esetében is megfigyelhető az aszimmetria, azonban a ki-foksámok ferdeségénél jelentősebb, tehát elmondható, hogy az elmúlt két évtizedben skálafüggetlen szerkezet figyelhető meg a

sokkterjedés hálózatában: néhány ország viszonylag könnyebben terjeszti vagy fogadja a sokkokat, míg a többségüknek viszonylag alacsonyabb a képességük a sokkok fogadására és terjesztésére.

3.3.3. A sokkterjedési kapcsolatok dinamikája

A topológiai tulajdonságok pontosan leírják a hálózatok egy-egy pillanatképét. Az eddigi elemzések ezeknek az időben változó pillanatképeknek és azok változásainak vizsgálatát tették lehetővé. A hálózat valódi dinamikáját azonban nem írják le a korábbi módszerek, inkább az időben változó statikus képek összehasonlításaként jellemezhetők. Annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk a sokkterjedési kapcsolatok dinamikájáról megvizsgáltam az oksági kapcsolatok időbeli fejlődését a 3.1.3.8. *alfejezetben* bemutatott két módszer alapján.

A kapcsolatok stabilitásának vizsgálata a sokkterjedési kapcsolatok átalakulásának négy típusán keresztül kezdeti képet ad a hálózat dinamikájáról. A négy típust a kapcsolatok két lehetséges állapota, – tehát, hogy létezik (van) vagy nem létezik (nincs) – közötti átmenetek alkotják. A 8. táblázat azt mutatja meg, hogy milyen gyakoriak az egyes állapotátmenetek a válságperiódusok figyelembevétele mellett és azok mellőzésével a megfigyelt (Granger-okság és HP Granger-okság) és az azonos sűrűségű véletlen hálózatok esetében.

A véletlen hálózatok a dinamikus elemzés során is referencia-hálózatként, viszonyítási alapként szolgálnak. Minden időablakban új, független véletlen hálózatot szükséges generálni, annak érdekében, hogy az így felírt random, perzisztenciáktól mentes világ dinamikájában az állapotátmenetek tiszta valószínűségeen alapuljanak. Annak valószínűsége, hogy ha adott országok között t időszakban van kapcsolat, akkor az új, független, random hálózatban $t + 1$ időszakban is kapcsolat van, az a hálózatok sűrűségétől függ az ER gráfok tulajdonságai miatt. Minél sűrűbb a két hálózat, annál nagyobb az esetlegesen stabilan fennmaradó kapcsolat valószínűsége, pontosabban annál nagyobb valószínűséggel generálunk mindkét időszakban létező kapcsolatot:

$$P(a_{ij,t} = a_{ij,t+1} = 1) = d_t * d_{t+1}, \quad (23)$$

ahol $P(a_{ij,t} = a_{ij,t+1} = 1)$ egy kapcsolat két egymást követő időszakban megfigyelt létezésének valószínűsége, d_t és d_{t+1} pedig az adott időszakok sűrűsége.

A 8. táblázat celláiban az első állapotátmenet arány a megfigyelt hálózatra, a második a véletlen hálózatra vonatkozik. Ezek alapján megállapítható, hogy a megfigyelt

hálózatok (Granger-okság és HP Granger-okság hálózatok) kapcsolatai stabilabbak, ezzel párhuzamosan az ellentétes állapotátmeneteinek gyakorisága jelentősen alacsonyabb a véletlen hálózathoz képest. Ez azt jelenti, hogy a megfigyelt hálózatok kapcsolatai perzisztensek, szisztematikusak, a véletlen hálózathoz képest jelentősen robusztusabbak, masszívabbak.

8. táblázat: A kapcsolatok alakulásának gyakorisága a véletlen hálózatokhoz viszonyítva a két lehetséges állapot között (van/nincs kapcsolat)

Granger-okság hálózat	Válságperiódusokkal		Válságperiódusok nélkül	
	Van	Nincs	Van	Nincs
Van	8.5%/2%	1%/7.5%	1.5%/~0%	0.5%/2%
Nincs	1.5%/8%	89%/82.5%	0.5%/2%	97.5%/96%
HP Granger-okság hálózat	Van	Nincs	Van	Nincs
Van	13% / 3%	2% / 11.5%	4% / 0.5%	1% / 4.5%
Nincs	2% / 11.5%	83% / 74%	1% / 4.5%	94% / 90.5%

Forrás: saját szerkesztés

A stabilitás megközelíthető az átmenet-valószínűségek kiszámításával is, ehhez a 8. táblázatban bemutatott eredményeket szükséges soronként standardizálni (9. táblázat). Az átmenet-valószínűség megmutatja, hogy a létező vagy a nem létező kapcsolatok mekkora valószínűséggel maradnak a korábbi időszakra jellemző állapotukban vagy lépnek át más állapotba.

9. táblázat: A kapcsolatok alakulásának valószínűsége a véletlen hálózatokéhoz hasonlítva

Granger-okság hálózat	Válságperiódusokkal		Válságperiódusok nélkül	
	Van	Nincs	Van	Nincs
Van	90%/20%	10%/80%	75%/0%	25%/100%
Nincs	2%/9%	98%/91%	1%/2%	99%/98%
HP Granger-okság hálózat	Van	Nincs	Van	Nincs
Van	85% / 15%	15% / 85%	80% / 5%	20% / 95%
Nincs	2% / 15%	98% / 85%	1% / 5%	99% / 95%

Forrás: saját szerkesztés.

A százalékos arányok tükrözik a különböző (oszlop) átmenetek megfigyelt arányát egy adott (sor) állapotból / ugyanez az arány a random hálózatok esetében, azonos sűrűség mellett.

Az eredmények megerősítik, hogy a kapcsolatok stabilabbak a véletlen hálózat kapcsolataihoz képest, ezt a tartósságot mutatja, hogy amennyiben két ország között létezik kapcsolat, az a vártnál – a random hálózathoz képest – ritkábban szűnik meg, vagy gyakrabban marad fent.

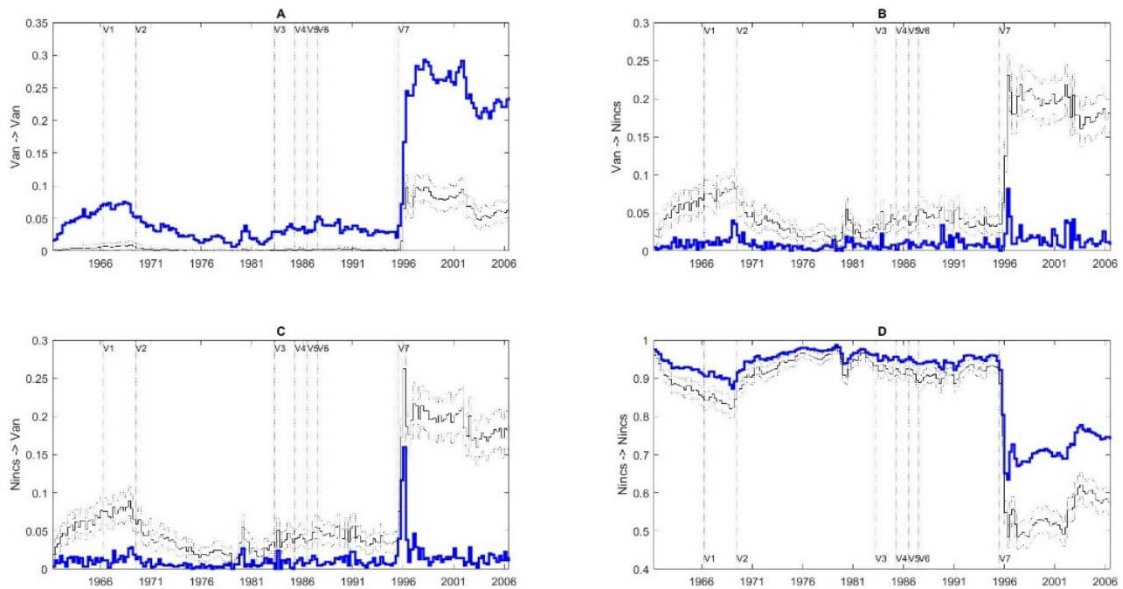
A fenti elemzések segítségével megismerhetjük a hálózati kapcsolatok általános dinamikáját, azonban a rendelkezésre álló részletes információ lehetővé teszi annak vizsgálatát is, hogy az egyes átmenetek valószínűsége hogyan változott a vizsgált időszak során. A 24. ábra és a 25. ábra a 8. táblázat baloldali (válságperiódusokkal), a 26. ábra és a 27. ábra a jobboldali részét (válságperiódusok nélkül) egészíti ki, megerősítve annak eredményeit: a megfigyelt gyakoriságok szignifikánsan nagyobbak a stabil kapcsolatok esetében (amikor a kapcsolat továbbra is fennáll, vagy továbbra sem jön létre) a véletlen hálózat stabil kapcsolataihoz képest. Ezzel szemben az instabil (új vagy megszűnő) kapcsolatok szignifikánsan alacsonyabbak a véletlen hálózat instabil kapcsolataihoz viszonyítva. A megállapítások a teljes vizsgált időszakra a Granger-okság és a HP Granger-okság hálózatok alapján is érvényesek, az eredmények tehát robusztusok.

Annak ellenére, hogy a hálózat alacsony sűrűsége miatt relatíve kevésszer figyelünk meg stabil, két periódus között fennmaradó kapcsolatot, a véletlen hálózathoz képest szignifikánsan több stabil kapcsolat létezése arra utal, hogy vannak olyan országpárok, amelyek között a sokkterjedés szisztematikus, nem esetleges, azaz a sokkterjedési kapcsolatok a megfigyelt hálózatban viszonylag tartósak. A stabilan fennmaradó kapcsolatok aránya egyértelműen követi mindkét hálózat sűrűségének mintázatát.

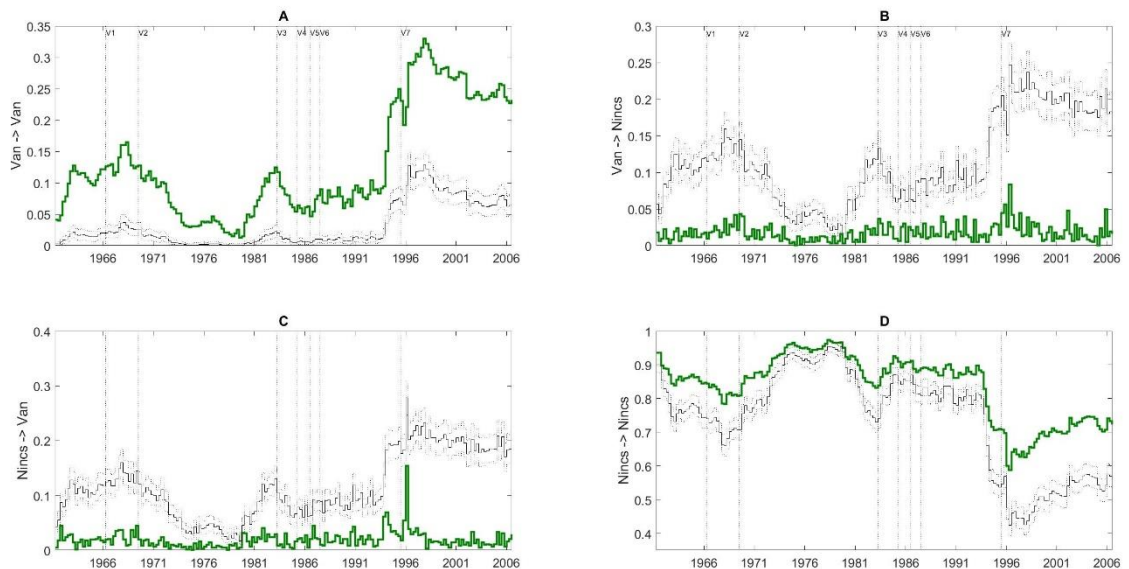
A válság időszakait tartalmazó hálózat (24. ábra és a 25. ábra) stabil kapcsolatainak gyakorisága a 2008-as gazdasági válságot megelőzően növekedni kezdett, majd a válság után csökkent. A stabilan nem létező kapcsolatok változása ellentétesen alakult. A sűrűség növekedésének természetes velejárója, hogy új kapcsolatok is létrejönnek, ez megfigyelhető az ábrák C részében. Az új kapcsolatok gyakorisága a válság időszakának kezdetén ugrásszerűen növekedett, majd azonnal visszaállt a korábbi szintre. Egy periódussal később azonban hasonló – bár kisebb mértékű – kiugrás figyelhető meg a megszűnő kapcsolatok gyakoriságában is, az ábrák B részében. Ez azt jelenti, hogy a 2008-as válság során az üzleti ciklusok együttmozgásának növekedése elsősorban az országok közötti stabil (tehát a legalább két perióduson keresztül fennmaradó) kapcsolatoknak köszönhető, azonban – bár a véletlen hálózathoz képest szignifikánsan kisebb gyakorisággal – a válságot tartalmazó időszakban megugrik az új kapcsolatok száma. E kapcsolatok

nagyrésze azonban a következő időszakban megszűnik, tehát az adott országok közötti üzleti ciklusok együttmozgása átmeneti.

24. ábra: Az állapot-átmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat tartalmazó Granger-okság hálózatban



25. ábra: Az állapot-átmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat tartalmazó Granger-okság hálózatban

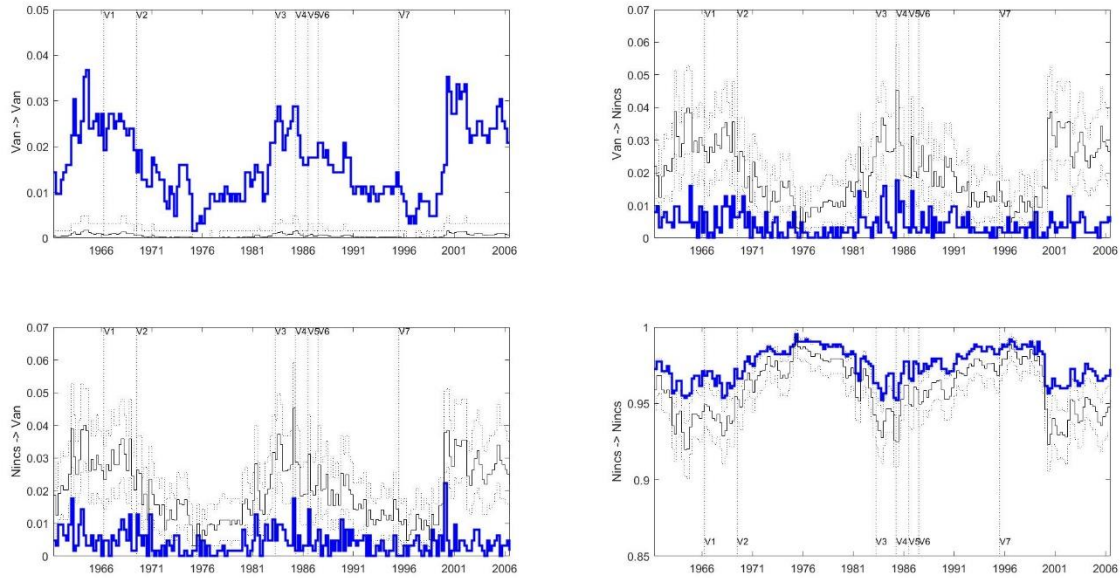


Forrás: saját szerkesztés.

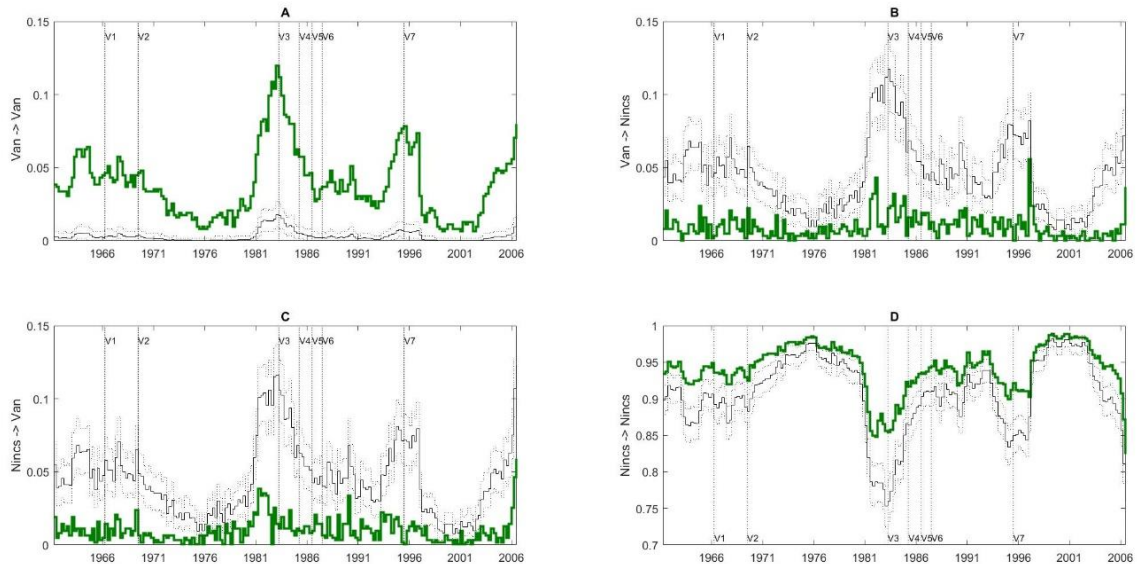
A: A stabil meglévő kapcsolatok gyakorisága, B: A megszűnő kapcsolatok gyakorisága, C: Az új kapcsolatok létrejöttének gyakorisága, D: A stabilan nem létező kapcsolatok gyakorisága.

További fontos következtetések vonhatók le a válságos időszakoktól megtisztított idősorok használata révén, melyet a 26. ábra és 27. ábra szemléltet.

26. ábra: Az állapotátmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat nem tartalmazó Granger-okság hálózatban



27. ábra: Az állapotátmenetek gyakoriságának dinamikája 1961 és 2019 között a válságokat nem tartalmazó HP Granger-okság hálózatban



Forrás: saját szerkesztés.

A: A stabil meglévő kapcsolatok gyakorisága, B: A megszűnő kapcsolatok gyakorisága, C: Az új kapcsolatok létrejöttének gyakorisága, D: A stabilan nem létező kapcsolatok gyakorisága.

Ebben az esetben is megfigyelhető, hogy a stabil kapcsolatok gyakorisága követi a sűrűség változásának mintázatát. A Granger-okság és a HP-Granger-okság hálózatok állapotátmeneti gyakoriságában a korábban bemutatott különbségek továbbra is jelen vannak, a 2008-as válság kezdetének időszakában a Granger-okság hálózatban egy kisebb növekedés figyelhető meg – de a teljes időszak alatt jelentősen alacsonyabb sűrűségű a hálózat, ez természetesen kevesebb stabil kapcsolatot is jelent.

A 20. század utolsó két évtizedének és a 21. század első évtizedének csökkenő tendenciája mindkét hálózat esetében megfigyelhető. Ezt követően az elmúlt másfél évtizedet növekvő sűrűség és továbbra is szisztematikusan stabil kapcsolatok jellemzik. A stabilan nem létező kapcsolatok természetesen ezzel ellentétes tendenciát követnek: amikor a hálózat ritkább, akkor a stabilan nem létező kapcsolatok sűrűbbek, az idősor végén azonban, amikor a hálózat sűrűsége növekszik, a stabilan nem létező kapcsolatok ritkábbá válnak. Érdekes azonban, hogy az instabil (megszűnő és létrejövő) kapcsolatok gyakorisága alacsony, de az elmúlt néhány évtől eltekintve az elmúlt évtizedekben jelentősen nem változik. Ez azt mutatja, hogy annak ellenére, hogy a sokkterjedési hálózat egyre ritkább, a kapcsolatok kialakulása és megszűnése megtartja gyakoriságát, ezzel az elmúlt évtizedekben – az utóbbi néhány évtől eltekintve – egy változékonyabb hálózatot eredményez. A random hálózat instabil gyakoriságának csökkenése is erre utal, habár a megfigyelt hálózat instabil kapcsolatainak gyakorisága még mindig szignifikánsan alacsonyabb a véletlen hálózathoz viszonyítva, de ez a különbség egyre kisebb.

3.3.4. Az eredmények rövid összefoglalása

Összefoglalva a válságszűrt hálózatok topológiai elemzéseinek legfontosabb eredményeit megállapítható, hogy a válságos időszakok kihagyása a Granger-okság teszteléséből árnyalja a korábbi eredményeket. A válságszűrt hálózatok kapcsolatainak sűrűsége a 80-as évek közepétől a 21. század elejéig csökkent, ami csökkenő sokkterjedésre utal. Ezt követően azonban ismét a sűrűség jelentős növekedése figyelhető meg. Ez azt jelenti, hogy a válságperiódusok figyelmen kívül hagyásával a sokkterjedés ciklikusságot mutat. A következtetés hozzájárul az üzleti ciklusok szinkronizációja és a globalizáció közötti kapcsolat megértéséhez. Továbbá a 2008-as pénzügyi válság sűrűsége gyakorolt hatásáról megállapíthatjuk, hogy a GDP ciklikus komponenseinek elemzése során (HP Granger-okság hálózat) továbbra is jelentős, azonban csak átmenetileg figyelhető meg, a GDP növekedési adatokon alapuló elemzésben (Granger-okság hálózat) viszont a hatás szinte teljesen eltűnik. Ez azonban nem meglepő, hiszen éppen azok a megfigyelések – a

válságperiódusokat – maradnak ki a Granger-okság tesztelése során, amelyek a szorosabb kapcsolathoz járulnak hozzá.

A válságszűrt hálózatok referenciahálózatokhoz, véletlen hálózatokhoz hasonlítva megállapítható, hogy a sokkterjedés topológiai szempontból közel áll a véletlen hálózatokhoz. Annak ellenére, hogy a válságszűrt hálózat a válságperiódusok kihagyása miatt meglehetősen ritkává válik sok elszigetelt csoporttal, a magasabb sűrűségű időszakokban az átlagos elérési út és a klaszterezettség továbbra is magasabb. A válságszűrt időszakok foksámferdesége a 90-esek években és a 2000-es évek elején pozitív aszimmetriát mutat, amely skálafüggetlen tulajdonságokra utal.

Annak érdekében, hogy a sokkterjedés mintázatainak véletlenszerűségét vagy szisztematikusságát megvizsgáljam, a hálózat dinamikáját, stabilitását az állapotátmenetek gyakoriságának segítségével írtam fel a válságot tartalmazó és a válságszűrt hálózat esetében. Mindkét hálózatot azonos sűrűségű egymástól függetlenül generált véletlen hálózatokhoz hasonlítottam, amelyek a megfigyelt állapotátmenetek gyakoriságának elemzése során referenciapontot jelentenek. Az összehasonlítás eredménye, hogy a megfigyelt üzleti ciklusok oksági kapcsolatainak dinamikája szisztematikusabb a véletlen hálózathoz képest. A válságszűrt hálózat kapcsolatainak stabilitását megvizsgálva hasonlóan megállapítható, hogy a véletlen hálózathoz képest a stabil, tartós kapcsolatok gyakoribbak. A megfigyelt instabil kapcsolatok gyakorisága továbbra is szignifikánsan alacsonyabb a véletlen hálózathoz képest, azaz a kapcsolatok továbbra is perzisztensek, viszont a véletlen hálózat és a megfigyelt hálózat instabil kapcsolatai közötti különbség csökkent.

A bemutatott elemzések lényeges korlátja, hogy csupán 25 országot vizsgál. Ennek oka, hogy a hosszabb idősor alkalmazása érdekében addig szűkítettem az országok körét, ameddig minden hálózati csúcs (ország) minden időpontban rendelkezett megfigyeléssel (vagyis a hálózat mérete állandó a teljes vizsgált időszak alatt). Az országok körének bővítése egyrészt a negyedéves frekvencia évesre cserélésével lehetséges, ez azonban az információ veszteség mellett azzal is együtt járna, hogy nem állna rendelkezésre elegendő megfigyelés a Granger-okság érdemi tesztelésére. A másik lehetőség a vizsgált országok körének bővítése, ezzel párhuzamosan rövidebb idősorok elemzése. Az elemzésből kimaradt országok érdemben befolyásolhatják a sokkterjedési hálózat szerkezetét, ezért a minta bővítése fontos további eredményeket adhat. Ennek érdekében a dolgozat további részében 42 ország üzleti ciklusainak szinkronizáltságát vizsgálom meg. Az adat-oldali korlátok oldása mellett a sokkterjedési hálózatok dinamikáját további pontosabb módszerekkel vizsgálom.

3.4. Az országok szerepe a sokkterjedési hálózatban

A fent bemutatott (3.3.3 *alfejezet*) elemzés lehetővé teszi az országok közötti sokkterjedési hálózat új és megszűnő, valamint stabilan létező és nem létező kapcsolatainak vizsgálatát. Ez a megközelítés azonban a dinamikát országpáronként összesítve, az idődimenzió megtartása mellett vizsgálta. Ebben az *alfejezetben* a 42 országot tartalmazó rövid adatbázis alkalmazásával az országok sokkterjedési hálózatban betöltött szerepe kerül a fókuszba az idődimenzió tömörítése mellett.

A korábban bemutatott módszerek közül a sokkterjedési hálózat felépítéséhez az országok kibocsátásainak ciklikus komponensei közötti Granger-okság tesztet alkalmaztam. A 42 ország között a 42 időszakban a potenciális 72324 kapcsolatból a GDP-növekedési adatok alapján generált hálózatban 16938, a GDP ciklikus komponense alapján felépített hálózatban 22147 kapcsolat mutatható ki. E kapcsolatok jelentős része megegyezik, 13965 olyan kapcsolat van, amely mindkét hálózatban ugyanabban a periódusban van jelen.

A két különböző módszerrel bemutatott elemzések eredményeinek robusztussága, továbbá, hogy a Granger-okság hálózat kapcsolatainak 82.5 százaléka a HP Granger-okság hálózatban is kapcsolatként detektálható, lehetővé teszi, hogy ebben a fejezetben kizárólag az egyik hálózatra fókuszáljunk. A HP Granger-hálózat elemzése mellett szól, hogy az újabb tanulmányok (Beck, 2021; Chionis et al, 2020; de Soyres & Gaillard, 2020; Mejía-Reyes et al, 2018; Padhan & Prabheesh, 2020) az üzleti ciklusok szinkronizáltságát jellemzően trendszűrt GDP adatok alapján vizsgálják.

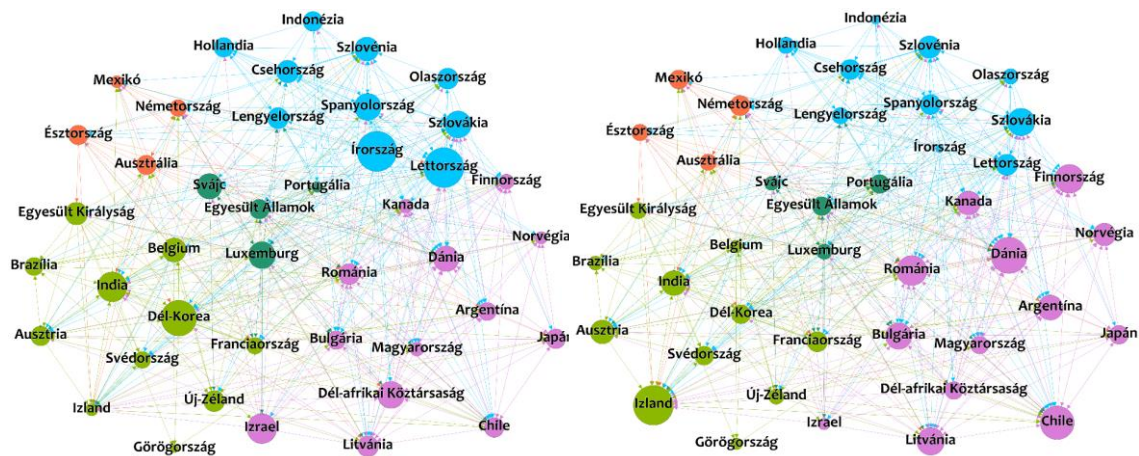
3.4.1. Az országok közötti szisztematikus kapcsolatok

A 3.1.3.8. *alfejezetben* bemutatott Wald-Wolfowitz-próba segítségével felismerhetők azok az országpárok, amelyek között a sokkterjedés szisztematikus (nem véletlenszerű) módon történik. A próba az egyes országpárok esetében az időablakokra becsült kapcsolatok (létezik, vagy nem létezik) sorozatát veszi alapul és azt vizsgálja, hogy a létező kapcsolatok felbukkanása (ezek sorozatai) véletlenszerűnek tekinthetőek-e, vagy sem.

Az így azonosított irányított kapcsolatokat, a szisztematikus sokkterjedési hálózat térképét a 28. *ábra* szemlélteti abban az esetben, amikor a válságperiódusokat is figyelembe vesszük. A csúcsok méretét a foksámok, a baloldali gráfon a ki-foksámok, a jobboldali gráfon a be-foksámok mutatják. Az országokat jelölő csúcsok színeit a 3.1.3.5. *alfejezetben* bemutatott, Louvain közösségképző algoritmus módszerével

kiszámított modularitás határozza meg, azzal a különbséggel, hogy az időbeli aggregálás ezúttal nem a fokszámok összegzésével, hanem Wald-Wolfowitz-próba eredményei alapján történik.

28. ábra: A sokkterjedés (válságot tartalmazó) hálózati térképe



Forrás: saját szerkesztés.

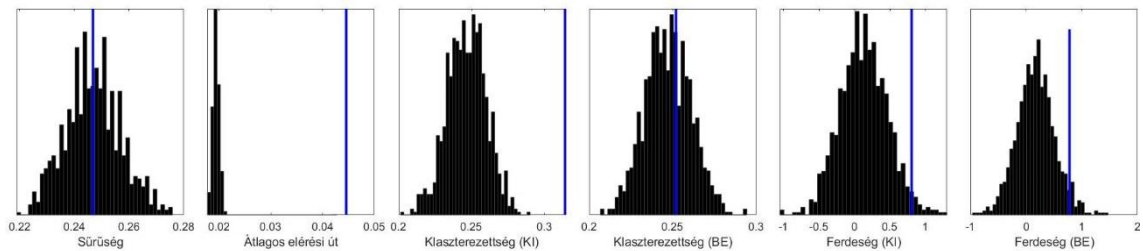
A csúcsok mérete a baloldali térkép esetében a ki-fokszámok, a jobboldali térképen a be-fokszámok nagyságát mutatja.

A csoportképző algoritmus alkalmazásával öt modulát határozható meg. A négy legmagasabb kifelé mutató szisztematikus kapcsolattal (ki-fokszámmal) rendelkező ország – Lettország, Írország, Dél-Korea és India – két különböző modulhoz (világoszöld és kék színnel jelölt) tartozik. Megállapítható az is, hogy a legtöbb további magas ki-fokszámmal rendelkező ország is e két országcsoportba tömörül. Legalacsonyabb ki-fokszámmal Görögország és Portugália rendelkezik, Magyarország a hatodik legkevesebb ki-fokszámmal rendelkező ország. Be-fokszámokat tekintve Izland, Dánia, Chile és Románia az első négy ország, szintén két modulba sorolhatjuk őket (világoszöld és lila). Írország az egyetlen ország, amelynek nincs befelé irányuló kapcsolata.

A sokkterjedési hálózat fő topológiai tulajdonságait a 29. ábra mutatja be az azonos sűrűségű Erdős-Rényi véletlen hálózatok ugyanazon indikátoraihoz képest. A hálózat sűrűsége 24,7%, ami azt jelenti, hogy a vizsgált országok nagyjából negyedére jellemző a sokkoknak való kitettség. Az átlagos elérési út hossza és a ki-fokszámok alapján számított klaszterezettség szignifikánsan nagyobb a véletlen hálózatok mutatóihoz képest. Ez utóbbi azt jelenti, hogy vannak olyan országcsoportok, amelyeken belül a sokkok gyorsabban terjedhetnek, esetleg önmagukat felerősíthetik. A be-fokszám klaszterezettség

azonban a megfigyelt hálózatban a véletlen hálózatok átlagos értékéhez közeli. A ferdeség mérsékelten pozitív aszimmetriát mutat, a véletlen hálózathoz viszonyítva a be-fokszámok és a ki-fokszámok is magasabbak, azaz kevés ország rendelkezik sok kapcsolattal, a többséget a kevesebb kapcsolat jellemzi.

29. ábra: A hálózat (válságperiódusokkal) fő topológiai tulajdonságai

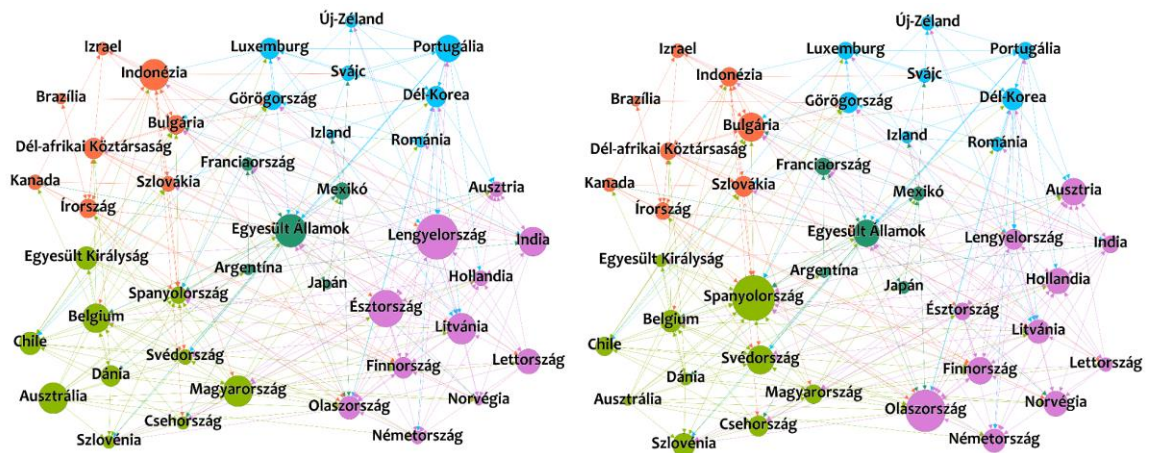


Forrás: saját szerkesztés.

A függőleges kék vonalak a megfigyelt értékeket, a fekete hisztogramok az azonos sűrűségű Erdős-Rényi véletlen hálózatok ugyanazon hálózatelméleti mutatóit jelzik.

Ezeket a topológiai tulajdonságokat érdemes megvizsgálni a válságokat nem tartalmazó hálózatok esetében is. A 30. ábra a válságokat nem tartalmazó hálózati térképet mutatja.

30. ábra: A sokkterjedés (válságperiódusokat tartalmazó) hálózati térképei



Forrás: saját szerkesztés.

A csúcsok mérete a baloldali térkép esetében a ki-fokszámok, a jobboldali térképen a be-fokszámok nagyságát mutatja.

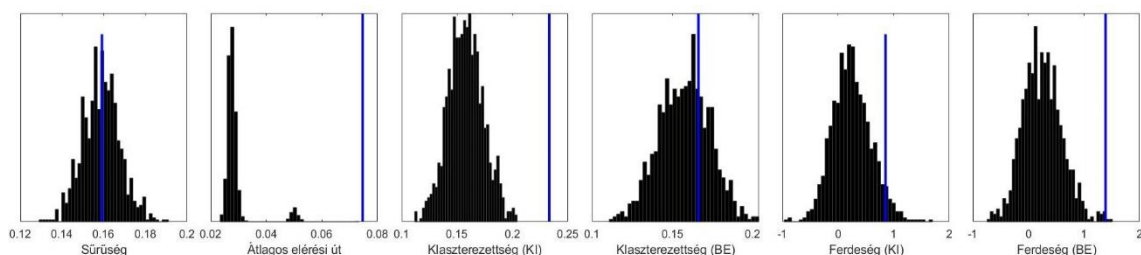
Továbbra is öt modulba sorolhatók az országok, az országcsoportok összetétele azonban jelentős mértékben megváltozott a válságperiódusok kiszűrését követően. Az országok között nehéz szerveződési elvet azonosítani: földrajzi szempontból és gazdasági

fejlettség szempontjából is heterogének a modulok. A hálózati térkép jobbalsó, lila szín-
nel jelölt csoportja földrajzi szempontból a leghomogénebb, európai országokkal és Indi-
ával. A középső sötétzöld csoportban amerikai országok dominálnak, de Franciaország
és Japán is ebben a csoportban található. A balfelső narancsszínnel jelölt országok cso-
portja földrajzi szempontból a legheterogénebb, négy kontinens országával.

A két hálózati térkép alapján is megállapítható, hogy a hálózat sűrűsége a válság-
periódusok kihagyása mellett jelentősen alacsonyabb. Ebben az esetben az üzleti ciklusok
együttmozgása az országokpárok 15,9%-ában valósul meg. A 31. ábra ismét a hálózat
főbb topológiai tulajdonságait hasonlítja az Erdős és Rényi-féle referenciahálózathoz. Az
alacsonyabb sűrűséggel párhuzamosan hosszabb átlagos elérési utak, alacsonyabb klasz-
terezettség jellemzi a hálózatot. A hálózat fokszámferdesége ebben az esetben is pozitív,
a be-fokszámok ferdesége magasabb a válságokat tartalmazó hálózathoz képest. A háló-
zat szisztematikus kapcsolatainak nagyrészevel tehát néhány ország rendelkezik, az or-
szágok többségének azonban kevesebb kapcsolata van, egy skálafüggetlen hálózathoz ha-
sonlóan. A referenciahálózathoz viszonyítva nagyon hasonló eredményeket olvashatunk
le, a megfigyelt topológiai tulajdonságok tehát nem a gazdasági válság hatásainak követ-
kezményei.

A véletlen hálózathoz hosszabb átlagos elérési út, a magas ki-fokszám klasztere-
zettség és a ferdeség olyan moduláris struktúrára utal – mindkét hálózat esetében –, ahol
erősebb a csoporton belüli sokkterjedés a csoportok közötti terjedéshez képest.

31. ábra: A hálózat (válságperiódusok nélkül) fő topológiai tulajdonságai



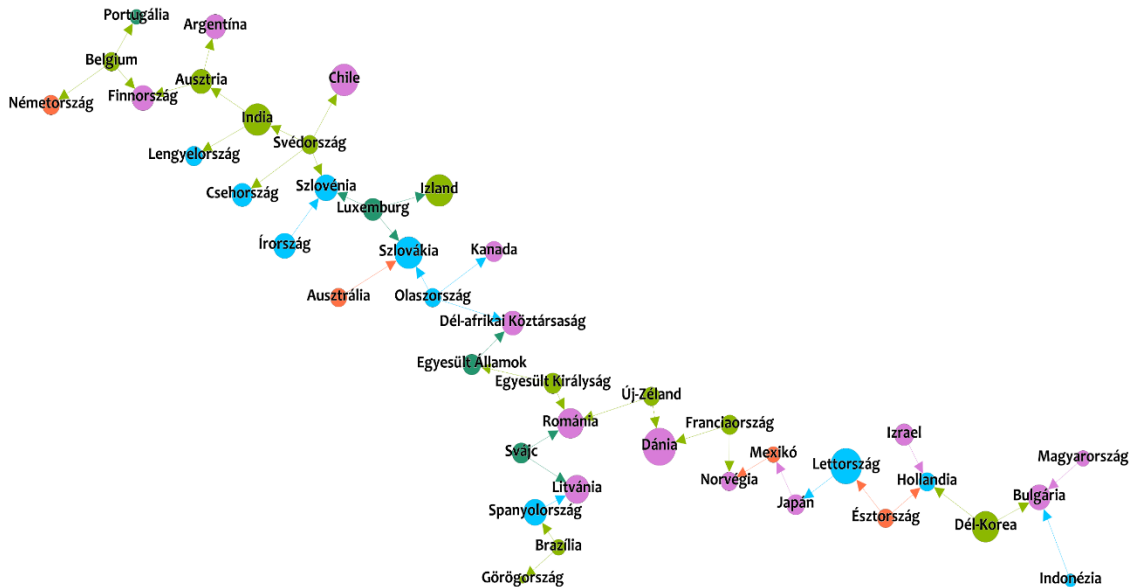
Forrás: saját szerkesztés.

*A kék vonalak a megfigyelt értékeket, a fekete hisztogramok az azonos sűrűségű Erdős-Rényi véletlen há-
lózatok ugyanazon hálózatelméleti mutatóit jelzik.*

A topológiai elemzésen túl a rövid idősor leggyakoribb kapcsolatait is érdemes
megvizsgálni. A 32. ábra a hálózat súlyozott változatának maximális feszítőfáját ábrá-
zolja. A súlyozott hálózatot a korábbiakhoz hasonlóan építettem fel: A rövid idősorok

ország-páronkénti kapcsolatait összegeztem az idődimenzió mentén. A csúcsok mérete ezúttal a teljes fokszámot, színe továbbra is az országcsoportokat jelöli.

32. ábra: A sokkterjedés (válságperiódusokat tartalmazó) hálózat maximális feszítőfája

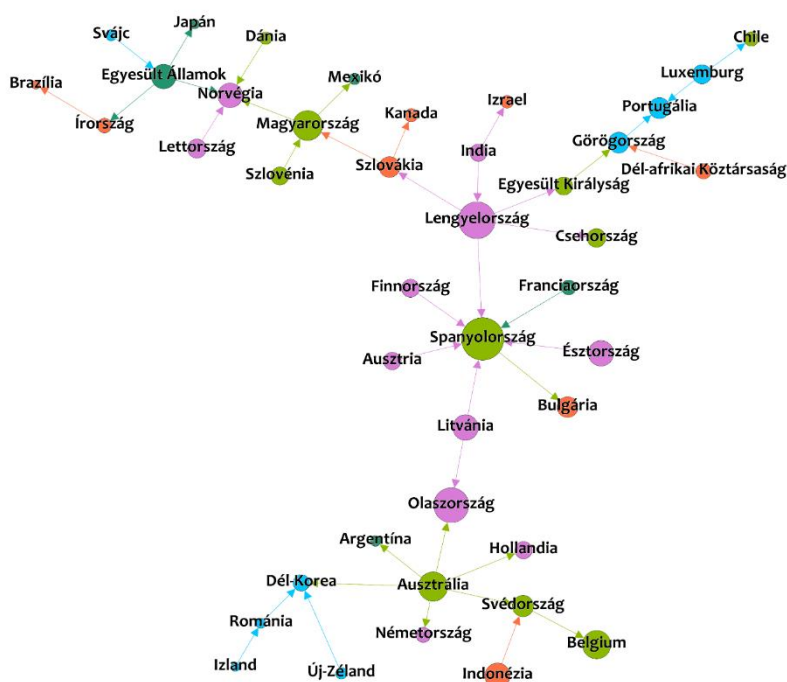


Forrás: saját szerkesztés.

A leggyakrabban előforduló kapcsolatokra nem jellemző, hogy az adott modulon belül jönnek létre. Ez a szisztematikus kapcsolatok vizsgálatát követően nem meglepő, hiszen a legmagasabb szisztematikus ki-fokszámmal rendelkező öt ország közül négy ország különböző modulhoz tartozik. Így elképzelhető, hogy a legnagyobb gyakoriságú kapcsolatok a maximális feszítőfában szintén nem modulon belül, hanem a csoportok között találhatóak.

A legtöbb gyakori kapcsolatokkal rendelkező ország Svédország, 4 ki-fokszámmal rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy Svédország üzleti ciklusa Csehország, Szlovénia, India és Chile üzleti ciklusára van hatással. További 10 ország rendelkezik 3 gyakori kapcsolattal a maximális feszítőfa alapján, amelyek közül Belgium, Olaszország és Luxemburg egyedül ki-fokszámokkal, Hollandia, Szlovákia, Románia, Bulgária és Szlovénia egyedül be-fokszámokkal rendelkezik. Ausztriának és Indiának 2 kifelé mutató és 1 befelé mutató kapcsolata van. 17 ország teljes fokszáma 2, a többi 14 ország csupán 1 gyakori kapcsolattal rendelkezik. A maximális feszítőfa szerkezete láncszerű, így megerősíti korábbi eredményeket: az átlagos elérési utak relatív hosszúságát a hálózatokban.

33. ábra: A sokterjedés (válságperiódusokat nem tartalmazó) hálózat maximális feszítőfája



Forrás: saját szerkesztés.

A válságperiódusok kihagyását követően a foksámferdeségek ugrásszerűen megnövekedtek, a maximális feszítőfa (33. ábra) skálafüggetlen szerkezetűvé vált. A hálózatban néhány ország tehát a többi országhoz képest kiemelkedően több kapcsolattal rendelkezik: Spanyolország a legnagyobb csúcs (közep) a hálózatban, 7 gyakori kapcsolatából 6 befelé mutató. Ausztrália 6 gyakori kapcsolata egyaránt kifelé mutató. Lengyelország, az Egyesült Államok, Magyarország és Norvégia is háromnál több kapcsolattal rendelkezik. Az országok jelentős része, 32 ország azonban 1 vagy 2 kapcsolattal rendelkezik.

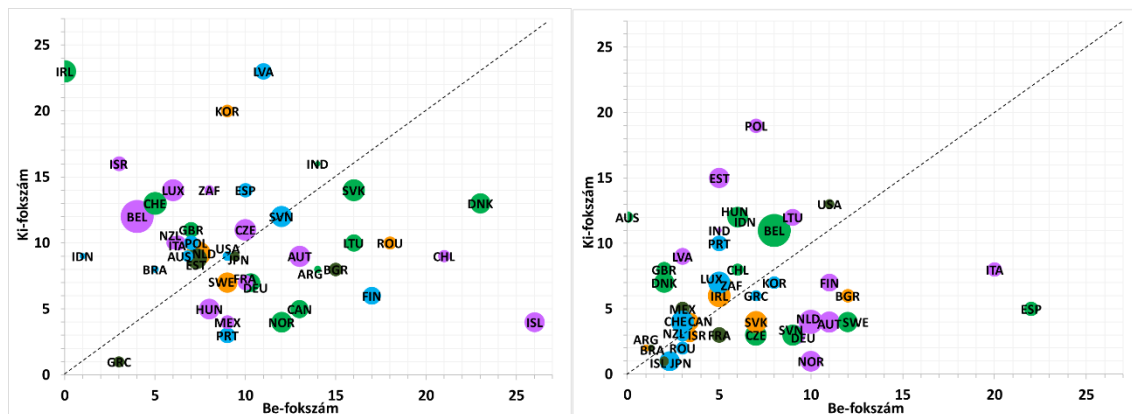
Néhány közös modulba tartozó ország között megfigyelhető gyakori kapcsolat a válságok szűrését követően, azonban a széttagoaltság továbbra is jelen van abban az értelemben, hogy a modulok különböző részei a feszítőfán egymástól viszonylag messze találhatók. Azonban láthatóvá válik, hogy a hálózat legfontosabb szereplői európai országok, továbbá Ausztrália és az Egyesült Államok. A maximális feszítőfa továbbra is láncszerű struktúrát mutat, láthatjuk ugyanis, ahogy egyes országok csak befelé mutató

gyakori kapcsolatokkal rendelkeznek, azaz megszakítják a terjedés útvonalát, ami magyarázza a viszonylag hosszú átlagos elérési utakat a hálózatban.

3.4.2. Sokkterjesztő, sokkoknak kitett és kiegyensúlyozott országok

A 34. ábra segítségével részletesebb képet kapunk a sokkterjedési hálózatok különböző irányú szisztematikus kapcsolatainak arányáról. A baloldali pontdiagram a válságperiódusokat is tartalmazó, a jobboldali a válságszűrt terjedési hálózat be-fokszámait (vízszintes tengely) és ki-fokszámait (függőleges tengely) mutatja. A 45°-os egyenes mentén azok az országok helyezkednek el, amelyek fokszám-arányai egyenlők. Az egyenes felett a relatíve magas ki-fokszámmal, az egyenes alatt a magas be-fokszámmal rendelkező országok találhatóak.

34. ábra: Összekapcsoltság és kereskedelmi nyitottság



Forrás: saját szerkesztés.

A baloldali pontdiagram a válságperiódusokat tartalmazó, a jobboldali pontdiagram a válságperiódusokat nem tartalmazó hálózatokat ábrázolja. A diagramok vízszintes tengelyei az országok be-fokszámait, a függőleges tengely pedig a ki-fokszámait mutatja, a buborékok mérete az országok nyitottságát, színei a modulokat tükrözi. A szaggatott vonalak a be-fokszámok és ki-fokszámok átlagait jelölik.

A válságszűrést követően a legtöbb ország alacsonyabb fokszámokkal rendelkezik, ez ismét a válságperiódusok kiszűrésének természetes következménye. Azt is megfigyelhetjük, hogy a válságszűrt hálózat fokszámainak aránya sokkal kiegyensúlyozottabbnak tűnik, a 45°-os egyenestől való eltérés alacsonyabbnak látszik. Ezt igazolja, hogy a válságot tartalmazó hálózatban az országok 45°-os egyenestől vett átlagos négyzetes eltérése (δ) jelentősen magasabb ($\delta = 62.62$) a válságszűrt hálózatéhoz ($\delta = 35.19$) képest. Az átlagos négyzetes eltérés a következőképpen számolható ki:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{25} (deg_i^{ki} - deg_i^{be})^2}{25}. \quad (24)$$

Ebből arra következtetek, hogy amikor a válságos időszakok üzleti ciklusok szinkronizáltságát növelő hatása nem érvényesül, akkor az országok pozíciója sokkal kiegyensúlyozottabb, azaz a ki-fokszámok és be-fokszámok hasonlóak, így a sokkokat nagyjából ugyanolyan mértékben terjesztik és fogadják. Ezzel szemben válságos időszakok ezt a kiegyensúlyozott pozíciót megszüntetik, az országok jelentős része a sokkok terjesztői vagy a sokkok elnyelőivé válnak. Az eredmények felidézik Csermely (2005) hálózati zavarokkal kapcsolatos következtetéseit. A válságmentes idősakra jellemző kiegyensúlyozott fokszám-arány hasonló a gazdasági relaxáció jelenségéhez, amikor a gazdasági hálózatot ért sokk egyenletesen terjed, majd csillapodik az országok között. A válságot tartalmazó időszak pedig azt az állapotot mutatja be, amikor egy sokk képes feltorlódni a hálózatban, így a relaxáció elmarad, a gazdasági hálózat végül kritikus állapotba kerül.

A válságperiódusok kiszűrésének hatása azonban különbözőképpen érinti a nemzetgazdaságokat. A fokszám-arány néhány ország esetében fennmarad, azaz a két koordináta-rendszerben nagyon hasonló pozíciót foglalnak el, például: Bulgária, Norvégia, Belgium és Németország hasonló ki-fokszámmal és be-fokszámmal rendelkezik a válságszűrést követően, mint a válságot is tartalmazó időszakban. A legtöbb ország fokszám-arányai azonban jelentősen megváltoztak, azaz a válságperiódusok kihagyását követően egészen más pozíciót vesznek fel a koordináta-rendszerben, például: Izland, Dánia, Írország, Románia.

A válságperiódusokat tartalmazó hálózat országcsoportjai között nem találtam mintázatokat. Ezzel szemben a válságszűrt hálózatban megfigyelhető, hogy a kék, a narancs és a sötétzöld modulok országai viszonylag kiegyensúlyozottabbak, ki- és be-fokszámaik többé-kevésbé hasonlóak. Ezzel szemben a lila és világoszöld modulok dominánsan a bal felső és a jobb alsó negyedben találhatóak, tehát fokszám-arányuk kiegyensúlyozatlan, ezek az országok jellemzően vagy a sokkok fogadói vagy azok terjesztői. Ebből a mintázatból arra következtetek, hogy azokban az országcsoportokban, amelyekben kevésbé vannak válságterjesztő országok, ott a válságot elnyelő országok is kevesebben vannak. Ennek lehetséges oka, hogy a modulok országai egymással a teljes hálózathoz képest szorosabban kapcsolódnak össze, ezért amennyiben előfordulnak sokkokat terjesztő országok, a csoporton belül sokkokat elnyelő országok is kialakulnak. Ha azonban a válságperiódusokat is figyelembe vesszük, ez a mintázat teljesen eltűnik, sőt az országcsoportok összetétele is jelentős mértékben megváltozik.

A 34. ábra az országok fokszámai és a modulokhoz való tartozásainak szemléltetésén túl előrevetíti a következő fejezet témáját, amelyben részletesen megvizsgálom a

gazdasági nyitottság és az országok sokkterjedési hálózatban betöltött szerepének kapcsolatát. Ez az ábra azt mutatja, hogy a nagyobb kereskedelmi nyitottsággal rendelkező országokra milyen mértékben jellemzők a szélsőségesen alacsony vagy magas számú ki-felé, vagy befelé mutató kapcsolatok. A buborékok mérete mutatja az országok nyitottságát, azaz adott országból a többi vizsgált ország irányába áramló átlagos export, és az irányukból áramló átlagos import összegét az ország átlagos GDP volumenéhez képest $\left(\frac{Exp+Imp}{GDP}\right)$ 1996 és 2019 között. A GDP adatokhoz az OECD, a kereskedelmi adatokhoz az UN Comtrade adatbázisát használtam fel.

A válságperiódusok figyelembevétele mellett a baloldali diagramról bár egyértelmű tendencia nem olvasható le a nyitottság és a fokszámok között, az azonban megállapítható, hogy a legnagyobb nyitottsággal rendelkező országokat (Belgium, Svájc, Írország, Szlovákia, Luxemburg, Csehország, Szlovénia, Ausztria) jellemzően valamely irányba az átlagosnál mérsékelten magasabb összekapcsoltság jellemzi. Szélsőségesen az átlagtól való eltérés Írország kivételével nem figyelhető meg közöttük.

A válságperiódusok szűrését követően a jobboldali diagram sem mutat egyértelmű monoton tendenciát a nyitottság és a ki-fokszámok vagy be-fokszámok között. Közelebről vizsgálva azonban megerősíti azt a korábbi megfigyelést, amely szerint a nagyobb nyitottságú országok (ebben az esetben például: Luxemburg, Írország, Szlovákia, Belgium, Észtország, Magyarország) közelebb találhatók az ábra közepéhez, azaz a viszonylag nyitott gazdaságok kiegyensúlyozottabbak a sokkok fogadása és terjesztése szempontjából, továbbá nem jellemzők rájuk az átlagosnál szignifikánsan nagyobb kapcsolati szám. Ezzel szemben a kevésbé nyitott országok összekapcsoltsága nagyobb valószínűséggel tér el az átlagtól egyik vagy mindkét irányú kapcsolat esetében. Eszerint a nyitottabb gazdaságok viszonylag kiegyensúlyozottabb helyzetben vannak a terjedési hálózatban, azaz kevésbé vannak kitéve rendkívüli módon a sokkoknak, valamint nem is terjesztik azt szélsőséges mértékben.

3.4.3. Az eredmények összegzése

Összefoglalva a szisztematikusan létező, páronkénti sokkterjedési kapcsolatok vizsgálatát, megállapítható, hogy a hálózat topológiai tulajdonságai moduláris szerkezetet és aszimmetrikus fokszámeloszlást mutatnak. A modulok mögött bár nincs nyilvánvaló szerveződőelv a földrajz vagy fejlődés szempontjából, a ki-fokszámok és be-fokszámok kiegyensúlyozottsága alapján felfedezhetünk mintázatokat. A sokkterjedési hálózat topológiai tulajdonságai mellett fontos szem előtt tartani, hogy a megfigyelt/megbecsült

sokterjedési kapcsolatok mélyebb gazdasági mechanizmusokat tükröznek, amelyeken keresztül az egyes folyamatok és események az egyik országból a másik országba áramlanak. Az is megállapítható, hogy sok esetben a nyitottabb gazdaságok kiegyensúlyozott foksám-aránnyal rendelkeznek, azaz nem jellemző rájuk a szélsőséges kapcsolatok száma. A gazdasági nyitottság és a sokkoknak való kitettség közötti összefüggés azonban nem bizonyítható egyértelműen ezen minták mentén, így a következő fejezetben részletesebb elemzés kereteiben tekintem át az egyes csatornák közötti összefüggéseket.

4. A sokkterjedési hálózat csatornái

Az üzleti ciklusok szinkronizáltságát vizsgáló tanulmányok legfőbb motivációja a globalizáció és a nemzetközi kereskedelem sokkterjedésre gyakorolt hatásainak feltárása. A közgazdaságtanban ebben a kérdésben nem született egyetértés, ugyanis annak ellenére, hogy a kereskedelem nagyobb szinkronizációhoz és a makroökonómiai jelenségek könnyebb terjesztéséhez vezethet, Kose és szerzőtársai (2003) szerint a kereskedelemből adódó specializáció az ellenkező irányba hat. Az empirikus vizsgálatok eredményei sem egységesek, az üzleti ciklusok szinkronizáltsága és a kereskedelem közötti pozitív összefüggés bizonyításában nincs konszenzus. Annak ellenére, hogy a szakirodalom figyelembe veszi a páronkénti korrelációt vagy az okozati kapcsolatokat a különböző nemzetgazdaságok makroökonómiai változói között, ezek középpontjában nem a kapcsolatok topológiai szerkezete áll.

A doktori értekezés *4. fejezetének* célja megvizsgálni, hogy az országok közötti gazdasági kapcsolatok hogyan alakítják a sokkok átadását a világgazdaságban, hogyan formálják a sokkterjedési hálózatot¹⁶. Feltáró jelleggel annak a kérdésnek a megválaszolása a cél, hogy a kereskedelmi nyitottság magyarázza-e az országok közötti sokkok terjedését, azaz, hogy a kereskedelmi nyitottság szignifikáns csatornája-e a makroökonómiai sokkok terjedésének (amelyet továbbra is az üzleti ciklusok szinkronizáltságának vizsgálatával közelíték meg).

A kérdés relevanciáját adja, hogy amíg egyes tanulmányok (Khan, 2018) szerint a kereskedelmi kapcsolatok szerepe fontos a sokkok terjesztésében, addig más tanulmányok (Grant, 2016; Hernández & Valdés, 2001) a pénzügyi kapcsolatokat tekintik a terjedési jelenségek legfőbb csatornijának. Nincs tehát általános konszenzus a szakirodalomban arról, hogy a kereskedelmi kapcsolatok szignifikáns (Haile & Pozo, 2008) vagy kizárólagos (Lee et al, 2011) csatornái a sokkterjedésnek. A korábbi empirikus vizsgálatokat (Baxter & Kouparitsas, 2005; Canova & Dellas, 1993; Di Giovanni & Levchenko, 2010; Frankel & Rose, 1997; 1998; Inklaar et al, 2008; Kose & Yi, 2006) az elemzésben két módon egészítem ki. Egyrészt az országok közötti üzleti ciklusok szinkronizáltságát a korreláció helyett Granger-okság segítségével azonosítom, másrészt az elemzés

¹⁶ A fejezetben felhasználom és kiegészítem Iloskics, Z., Sebestyén, T. & Braun, E. (2021) Shock propagation channels behind the global economic contagion network.. The role of economic sectors and the direction of trade. *PLoS one*, 16(10), e0258309. tanulmány eredményeit.

második felében a kereskedelmi nyitottságot, mint sokkterjedési csatornát is az irányok figyelembevételével vizsgálom.

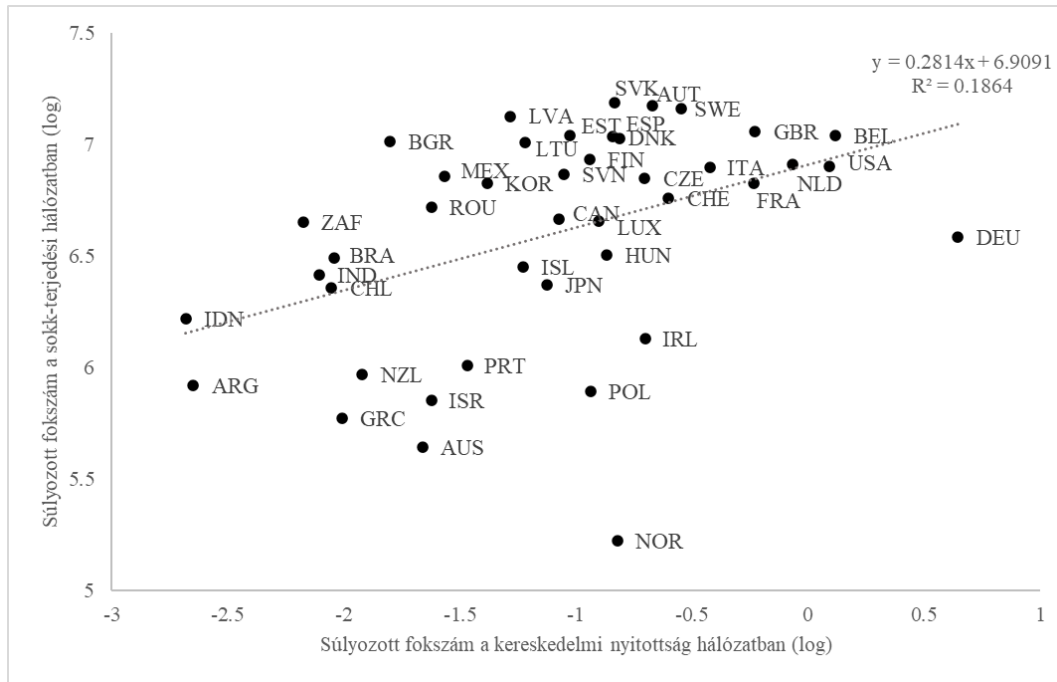
Az előző fejezet kiindulópontot ad a gazdasági nyitottság és a sokkterjedés kapcsolatának vizsgálatához. Az elemzés további részében a gazdasági nyitottságot továbbra is a GDP arányos export és import összeg fejezi ki, a sokkok terjedését pedig ezúttal a 42 országot tartalmazó rövid idősorokon alapuló Granger-okság és a HP Granger-okság hálózatok ragadják meg. A két sokkterjedési hálózat alkalmazása ismét az eredmények robusztusságának ellenőrzését szolgálja.

A panelregressziós becslések elvégzése előtt a 3.1.3.5. *alfejezetben* bemutatott módszer alapján ($a_{ij}^w = \sum_t^{42} a_{ij,t}^G$) a teljes mintán (42 időablak) aggregált hálózatok segítségével kezdeti képet kapunk a vizsgált sokkterjedési kapcsolatok és a gazdaság nyitottsága közötti kapcsolat jellegéről. Az élek összegzésével kapott (1) aggregált Granger-okság és (2) aggregált HP Granger-okság hálózatban az élek súlya azt mutatja meg, hogy a vizsgált 42 időszakban hány esetben állapíthatunk meg sokkterjedési kapcsolatot.

A 35. *ábra* és a 36. *ábra* az országok sokkterjedésben betöltött szerepe és nyitottsága közötti kapcsolatot mutatja be. A függőleges tengelyeken a vizsgált országok súlyozott fokszámának logaritmusára szerepel a GDP növekedési adatokon alapuló Granger-okság (35. *ábra*) és a ciklikus komponenseken alapuló HP Granger-okság (36. *ábra*) hálózatban, míg a vízszintes tengelyeken az országok súlyozott fokszámának logaritmusára olvasható le a kereskedelmi nyitottság hálózatában. Mindkét ábrán az enyhén pozitív meredekségű regressziós egyenesek a sokkterjedési és kereskedelmi nyitottság hálózatokban az országok súlyozott fokszámai közötti kapcsolatot, gyenge, pozitív korrelációt tükröznek. Ez azt jelenti, hogy azok az országok, amelyek relatív (a kibocsátásukhoz képest) intenzívebb kereskedelmi kapcsolatokkal rendelkeznek, gyakrabban töltenek be központi szerepet az országok közötti sokkterjedésben (mint sokkokat terjesztő, vagy mint sokkokat elnyelő országok).

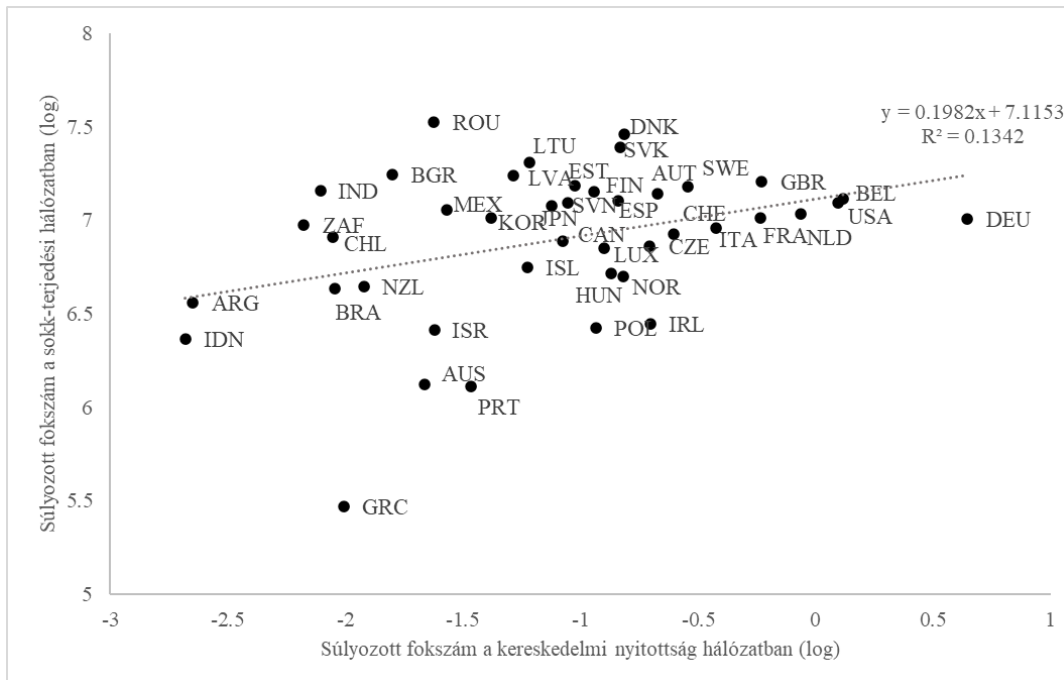
A GDP növekedési adatokon alapuló Granger-okság hálózat esetében ez a kapcsolat szorosabb a ciklikus komponenseken alapuló hálózathoz képest. Mindkét pontdiagramon előfordulnak azonban olyan országok, amelyekre a fenti állítás nem teljesül. Görögország, Norvégia és Portugália például mindkét pontdiagram alapján alacsonyabb sokkterjedési hálózatban betöltött szereppel bír kereskedelmi nyitottságukhoz képest. Ezzel szemben Románia és Bulgária kereskedelmi nyitottságukhoz képest erőteljesebb szerepet tölt be a sokkterjedés hálózatában.

35. ábra: Az országok kereskedelmi nyitottsága és sokkterjedésben (Granger-okság hálózatban) betöltött szerepe közötti korreláció



Forrás: saját szerkesztés.

36. ábra: Az országok kereskedelmi nyitottsága és sokkterjedésben (HP Granger-okság hálózatban) betöltött szerepe közötti korreláció



Forrás: saját szerkesztés.

Annak ellenére, hogy a bemutatott pontdiagramok, a korrelációs kapcsolatok feltárása segítenek az országok relatív kereskedelmi nyitottsága és a sokkterjedési hálózatban betöltött szerepe közötti összefüggések feltárásában, a módszer nem elegendő oksági

következtetések levonására, a kutatási kérdés megválaszolására. A feltárt pozitív korrelációs kapcsolat alapján azonban megállapítható, hogy érdemes további vizsgálatokat elvégezni annak érdekében, hogy a relatív kereskedelmi nyitottság és a sokkterjedés kapcsolatáról pontosabb képet kapjunk.

4.1. Adatok

A dolgozat *4. fejezetének* további elemzése a korábbi eredményeken alapul, azaz a sokkterjedést az üzleti ciklusok közötti Granger-okság kapcsolatok detektálásával ragadja meg. Az OECD országok (kivéve Törökország), valamint Bulgária és Románia 1996 és 2019 közötti kibocsátási adatain (a rövid idősoron) alapulnak. A sokkterjedést mérő GDP együttmozgás hálózatok 42 egymást átfedő időablakra (időablakonként 52 megfigyelés) állnak rendelkezésre. Az időablakok alkalmazása lehetőséget nyújt a sokkterjedési hálózatok időbeliségének vizsgálatára is.

A két vizsgált bináris eredményváltozó a *3. fejezetben* bemutatott sokkterjedési hálózatokból képezhető, egyrészt a Granger-okság hálózat, másrészt a HP Granger-okság hálózat kapcsolati elemeiből. Ehhez a hálózatokat először kapcsolati listává szükséges alakítani, amelyben az országpárok egyedi azonosítóval rendelkeznek az egyedhatás azonosíthatósága érdekében, így a bináris kapcsolatok már bináris eredményváltozóként alkalmazhatók.

A dolgozat azt vizsgálja, hogy a sokkterjedési kapcsolatok létrejötte magyarázható-e a kereskedelmi nyitottsággal. A kereskedelmi nyitottság meghatározható az UN Comtrade bilaterális export és import adatai alapján. A termékek áramlására vonatkozó külkereskedelmi adatok a vizsgált 42 országra hiánytalanul rendelkezésre állnak 1996 és 2018 között. Ezzel szemben a szolgáltatásokra vonatkozó adatok hiányosak, valamint csak egy szűkebb időszakra (2000 és 2018 között) érhetők el, ezért az elemzésben kizárólag a termékekre vonatkozó kereskedelmi adatok szerepelnek. Annak érdekében, hogy a kereskedelmi adatok összhangba kerüljenek a sokkterjedési hálózatok adataival, a külkereskedelmi adatokat minden időablakra országpáronként átlagolni szükséges. Ezáltal a regressziós egyenlet mindkét oldala időben illeszkedni tud egymáshoz.

4.2. Módszertan

A sokkterjedési hálózatok fent bemutatott keresztmetszeti dimenziója mellett azok idődimenzióját (azaz az alkalmazott időablakokat) is érdemes figyelembe venni. A regressziós modellben a megfigyelési egységek az országpárok (1722 országpár), amelyek között

irányított sokkterjedési kapcsolatok és kereskedelmi volumen adatok állnak rendelkezésre az egymást átfedő időablakokra, azaz a vizsgált periódusokra (1996 és 2019 között 42 időablakra).

Az adatok lehetővé teszik a kereskedelmi kapcsolatok sokkterjedésre gyakorolt hatásainak becslését Cerqueira és Martins (2009) elemzéséhez hasonlóan panel-ökonometriai keretrendszerben. Azonban a dolgozatban a függő változó a súlyozatlan sokkterjedési hálózaton alapul, amely a korábbiak alapján az adott időszakban az országpár közötti kapcsolatok létezését vagy hiányát írja le, azaz a kapcsolati mátrixokból felírható változó bináris. Ennek eredményeképpen a becsléshez bináris panel modellspecifikációra van szükség, amely egy adott esemény bekövetkezésének valószínűségét becsüli. A leggyakrabban alkalmazott módszer az állandó hatású (fix hatású) logisztikus (logit) panel regresszió, amelynek fontos előnye, hogy képes a megfigyelés-specifikus állandó hatások becslése által a nem megfigyelt heterogenitásra kontrollálni (Allison, 2009; Wooldridge, 2006). A becsléshez a Stata szoftver `clogit` függvényét alkalmaztam, amely a következőképpen írható fel:

$$Pr(y_{c,t} = 1 | \mathbf{x}_{c,t}) = P(\alpha_c + \mathbf{x}_{c,t}\boldsymbol{\beta}), \quad (25)$$

ahol $y_{c,t}$ a bináris eredményváltozó, amely a c országpár közötti sokkterjedés létezését ($y_{c,t} = 1$) vagy nem létezését ($y_{c,t} = 0$) írja le a t időszakban, $\mathbf{x}_{c,t}$ a magyarázó változók vektora c országpárok között t időszakban, $\boldsymbol{\beta}$ a becsült paraméter-vektor, α_c a c országpárok közötti állandó (fix) hatást fejezi ki, $P(z)$ pedig a logisztikus eloszlást mutatja: $P(z) = \{1 + \exp(-z)\}^{-1}$.

Annak ellenére, hogy az állandó hatású panel-ökonometriai modelleknek a véletlen hatású modellekhez képest a koefficiensek becslése során alacsonyabb a hatásosságuk, mégis szélesebb körben alkalmazzák. A véletlen hatású modellek ugyanis nem minden esetben konzisztensek, szemben az állandó hatású modellekkel, amelyek képesek kontrollálni a kihagyott változókra, így a becslés eredményét nem torzítják. A véletlen hatású modellt akkor célszerű választani, ha a modellben nincs kihagyott változó, vagy a kihagyott változó nem korrelál a modell magyarázó változójával. Abban az esetben, amikor a magyarázó változó nem független az egyedhatástól, csak az állandó hatású modell konzisztens, ezért azt kell alkalmazni. A legtöbb közgazdasági probléma magyarázata során előfordulnak nem mért vagy nem mérhető jelenségek, nem rendelkezésre álló adatok. Az állandó hatású modell a kihagyott változók okozta torzítást úgy küszöböli ki, hogy

minden megfigyelést a saját kontrolljaként alkalmaz. Ez abban az esetben, ha azt vizsgáljuk, hogy a kereskedelmi nyitottság milyen hatással van a sokkok terjedésére, azt jelenti, hogy az állandó hatású modell adott országpár esetében összeveti amikor van közöttük sokkterjedési kapcsolat azzal az esettel, amikor nincs (minden más változatlansága mellett). Ezt követően az összes országpár ilyen különbségeinek átlaga határozza meg a kereskedelmi nyitottság átlagos hatását a sokkterjedésre.

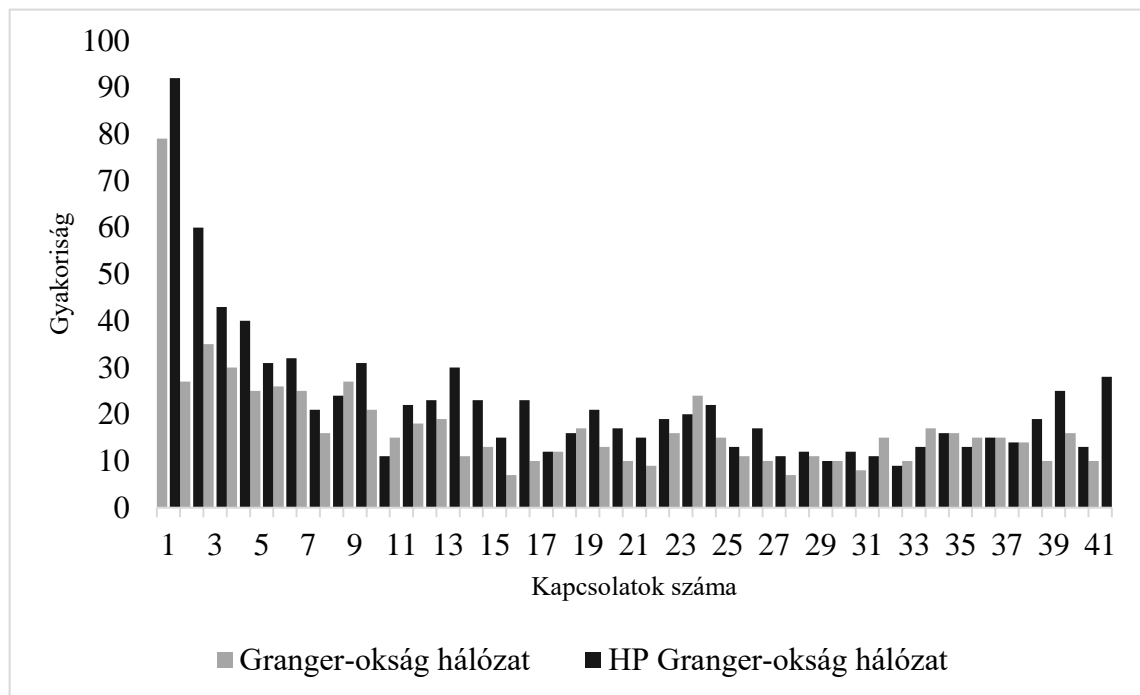
Éppen ezért a modell használatának feltétele, hogy minden megfigyelés (esetünkben országpár) legalább kétszer szerepeljen, valamint a magyarázó változók értékeinek időben változnia kell (Allison, 2009; Wooldridge, 2006). Ez a feltétel bizonyos kihívásokhoz vezet a bináris eredményváltozó állandó hatású modellel történő becslése során (Beck, 2020; Timoneda, 2021). Mivel a megfigyelés-specifikus állandó hatásokat a függő változó változása alapján azonosítjuk, így kimaradnak a becslésből azok a megfigyelések, amelyekben az eredményváltozó időben nem változik. Ez egy olyan helyzet, amely bináris adatok esetén könnyen előfordulhat. A vizsgált sokkterjedési változó esetében például, amikor vagy mind a 42 időszakban sokkterjedési kapcsolat van a két ország között, vagy egyáltalán nem detektálható kapcsolat.

Az elemzésben felhasznált adatállományban 1722 irányított országpár van (a hurkokat nem számolva), amelyek közül a Granger-okság hálózatban 885 esetében a vizsgált időszakban egyszer sem figyelhető meg sokkterjedés ($y_{c,t} = 1$) és 122 esetében minden időszakban sokkterjedési kapcsolat figyelhető meg ($y_{c,t} = 0$). A becslésből kimaradó megfigyelések tehát a teljes minta 58%-át teszik ki. A HP Granger-okság hálózatban 635 országpár között egyáltalán nincs kapcsolat, 173 országpár között pedig végig stabil kapcsolat mutatható ki a vizsgált időszakban, tehát összesen a teljes minta 47%-a nem szerepel a becslésben.

A legutóbbi tanulmányok is felismerték ezt a problémát, és olyan feltételeket mutattak be, amelyek teljesülése mellett a különböző típusú bináris modellek alkalmazása helyénvaló. Timoneda (2021) eredményei alapján megállapítható, hogy a feltétlen logit modell torzítatlan együtthatókat eredményez abban az esetben, ha a csoportonkénti megfigyelések száma 30 felett van. A dolgozatban felhasznált adatok esetében a csoportok az országpárok, és országpáronként 42 megfigyelés áll rendelkezésre az adatbázisban. További fontos feltétel, hogy a bináris eredményváltozó ne ritka esemény legyen. A dolgozatban ez szintén teljesül, ugyanis sokkterjedési kapcsolatokat ($y_{c,t} = 1$) figyelhetünk meg az esetek 30%-ában. Megvizsgáltam a megfigyelt sokkterjedési

események csoportokon (országpárokon) belüli eloszlását is. A 37. ábra a sokkterjedési kapcsolatok gyakoriságát mutatja. Ez alapján megállapítható, hogy a szélsőértékek kivételével a sokk események viszonylag egyenletes eloszlásúak mindkét eredményváltozó esetében. Összefoglalva tehát a feltételes (állandó hatású) logit modell alkalmazása indokolt.

37. ábra: A sokkterjedési kapcsolatok gyakorisága a vizsgált időszakban



Forrás: saját szerkesztés.

Az országok közötti sokkterjedési kapcsolat létrejötte számos egyéb tényező függvénye (például: a szolgáltatások áramlása, a külföldi működőtőke befektetések, az országok kibocsátásai, népessége, az országok közötti távolság, közös valutaövezethez tartozás, külkereskedelmi megállapodások) is lehet. A becsült regressziós modell segítségével megállapítható, hogy e tényezők változatlansága mellett, ceteris paribus a termék-kereskedelmi nyitottság várhatóan milyen mértékben gyakorol hatást a sokkok terjedésére. A vizsgált kérdés komplexitása miatt a becslésbe expliciten bevont változók mellett számos olyan tényező is elképzelhető, amely a sokkterjedést befolyásolja, de vagy nehezen mérhető, vagy nincs róla tudomásunk. Amennyiben azonban a rendelkezésünkre álló adatok keresztmetszeti és idődimenzióját is figyelembe vesszük, az ilyen kihagyott változók okozta problémák csökkenthetők a megfigyelési egységekre specifikus egyedi hatások becslése révén.

4.3. A vizsgált modellek

Ebben az alfejezetben a kereskedelmi nyitottság és a sokkterjedés közötti kapcsolat becslésére alkalmazott különböző modellváltozatokat mutatom be, amelyeket a 10. táblázat foglal össze. A modellváltozatok különböznek egymástól egyrészt a különböző függő változók alkalmazása miatt, amelyre elsősorban robusztusság ellenőrzés céljából van szükség. Másrészt a magyarázó változók, a külkereskedelmi nyitottság mutatói is különböznek az egyes modellváltozatokban, sőt eltérő kombinációkban is szerepelnek a becslésekben. Az alapmodellben (Model-1) a két irányú kereskedelmi nyitottság szerepel magyarázó változóként. A függő változó azonban ebben az elemzésben is irányított, ezért ezt a nyitottsági mutatót szintén irányítottként érdemes kezelni. A kereskedelmi irányok figyelembevételével (Model 2) azonban megkülönböztethetjük azt az esetet, amikor csak a magyarázó változó és a kontrollváltozók szerepelnek (Model-2A) attól az esettől, amikor a magyarázó változó mellett (upstream/downstream) az ellenkező irányú (downstream/upstream) kereskedelmi nyitottság mutató is megjelenik a modellben a kontrollváltozók mellett (Model 2B-u és Model 2B-d).

10. táblázat: A sokkterjedési kapcsolatok becslésére alkalmazott különböző modellváltozatok összefoglalása

$y_{c,t}^G; y_{c,t}^{HPG}$		Kétirányú kereskedelmi nyitottság ($T_{c,t}$)	Importirányú/Upstream ($U_{c,t}$)	Exportirányú/Downstream ($D_{c,t}$)
Milyen kombinációban szerepelnek a magyarázóváltozók a regresszióban?	Csak a magyarázóváltozó és a kontrollváltozók	Model-1	Model-2B-u	Model-2B-d
	A magyarázóváltozó és az ellenkező irányú változó és a kontrollváltozók		Model-2A	

Forrás: saját szerkesztés.

4.3.1. Az alapmodell

A külkereskedelmi nyitottságot többféleképpen ragadja meg az elemzés. Az alapmodell (Model-1) a kétirányú kereskedelmi nyitottságot vizsgálja, amelyben még nem szerepelnek a kereskedelmi volumenek irányára vonatkozó információk. A szokásos kereskedelmi nyitottsági mutató módosított változatát (az export és az import GDP-hez viszonyított arányát) számos tanulmány alkalmazza

Ezek alapján az alapmodellben szereplő országok közötti relatív kereskedelmi nyitottság változó ($T_{c,t}$) a következő módon számítható ki:

$$T_{c,t} = \frac{X_{ij,t} + X_{ji,t}}{2Y_{j,t}}, \quad (26)$$

ahol $c = i \rightarrow j$ egy irányított országpárt jelent, $X_{ij,t}$ az i országból j országba áramló átlagos kereskedelmi volument mutatja t időszakban (időablakban). Az $X_{ij,t}$ kereskedelmi volument i ország exportjának és j ország importjának az összege adja. Az $X_{ji,t}$ az ellenkező irányú, azaz a j országból i országba áramló átlagos kereskedelmi volument mutatja t időszakban. Bár ezek a mennyiségek elméletben azonosak, a különböző országokban jelentett statisztikák eltérnek az alkalmazott adatforrás szerint, ezért a bilaterális kereskedelmi volumen adatok alkalmazása esetén érdemes a két jelentett adat átlagával számolni Baxter és Kouparitsas (2005) elemzéséhez hasonlóan.

A relatív kereskedelmi nyitottság egyenletében (27) szereplő mutató tehát az i és j ország közötti relatív kereskedelmi volument tükrözi, függetlenül a kereskedelem irányától. Az abszolút kereskedelmi volument azonban a célország kibocsátásával ($Y_{j,t}$) normalja, így a $T_{c,t}$ mutató (a későbbiekben relatív kereskedelmi nyitottság), annak ellenére is irányított, ha a kétirányú kereskedelmi volument tartalmazza. Ez a típusú normalizálás egyrészt lehetővé teszi, hogy az országok mérethatását kizárjuk, másrészt a sokkot fogadó országon belüli kereskedelmi kapcsolat relatív erősségét is figyelembe veszi. Ez utóbbi azért fontos, mert akkor várható i országból j ország irányába terjedő nagyobb hatás, ha az adott kereskedelmi kapcsolat fontos j ország gazdaságában. Emellett az irányított kereskedelmi nyitottság mutatók irányított sokkterjedési kapcsolatokkal történő összehangolása is egyszerűbbé válik a normalizálás segítségével.

4.3.2. A modellváltozatok

Az alapmodellből kiinduló különböző modellváltozatok során kétféleképpen vettem figyelembe az országok közötti kereskedelmi nyitottság irányát. Egyrészt megkülönböztettem az importirányú („upstream”) és az exportirányú („downstream”) külkereskedelmi csatornák sokkterjedésre gyakorolt hatásait (Model-2), másrészt a normalizálás során csak a célország kibocsátásával normalizáltam. Ez a megközelítés azt tükrözi, hogy az irányított nyitottsági mutatók és az irányított sokkterjedés közötti kapcsolat feltárása során a célország (vagyis a sokkot fogadó ország) kereskedelmi kapcsolatainak relatív jelentősége (akár import- akár exportirányban) fontosabb, mint a származási országé.

A külkereskedelmi csatornák a következőképpen írhatók le. A j országból az i országba irányuló kereskedelem az i ország visszafelé irányuló („upstream”) relatív

kereskedelmi nyitottsága ($U_{c,t}$) és az i országból j országba irányuló kereskedelem az előre irányuló („downstream”) relatív kereskedelmi nyitottsága ($D_{c,t}$):

$$U_{c,t} = \frac{X_{ji,t}}{Y_{j,t}}, \quad (27)$$

$$D_{c,t} = \frac{X_{ij,t}}{Y_{j,t}}, \quad (28)$$

ahol a jelölések megegyeznek a (26). *egyenlet* jelöléseivel. A (27). és (28). *egyenletek* két különböző kereskedelmi csatornát írnak le, amelyeken keresztül a kereskedelmi kapcsolatok hatására a sokkterjedés bekövetkezhet. Mindkét fenti mutató esetében c egy irányított ($i \rightarrow j$) országpárra utal, amely megfelel az i országból j országba történő sokkterjedési kapcsolatnak.

Ezt szem előtt tartva a (27). *egyenletben* szereplő $U_{c,t}$ azokat a kereskedelmi csatornákat tükrözi, amelyek a sokkterjedésének „upstream” mechanizmusát eredményezik, ahol az i ország j országból származó importja ($X_{ji,t}$) továbbítja a sokkot, azaz a sokk egy ország termelési láncokon visszafelé irányuló kapcsolatain keresztül terjed. Ez tipikusan egy kereslet vezérelt csatorna, azaz az i országot érintő sokk csökkenti a j országból származó importtermékek iránti keresletet.

Ezzel szemben a (28). *egyenletben* szereplő $D_{c,t}$ azokat a kereskedelmi csatornákat tükrözi, amelyek a sokkterjedésének „downstream” mechanizmusát ragadják meg, ahol az i országból j országba irányuló export ($X_{ij,t}$) továbbítja a sokkot, tehát a sokk az i ország előre irányuló kapcsolatain keresztül terjed. Ebben az esetben az i ország termelésének csökkenése terjed át j országra az exporton keresztül gazdasági visszaesést okozva.

A kereskedelmi nyitottság három bemutatott mutatójának különböző kombinációin kívül négy kontrollváltozót tartalmaznak a modellváltozatok. A hagyományos gravitációs modelleket követve az országok mérete az adott országpárok népességeivel kontrollálható. A kontrollváltozó kiválasztását az a feltételezés motiválja, amely szerint a nagyobb méretű országok között nagyobb valószínűséggel figyelhető meg sokkterjedés. Az országok népessége mellett fontos kontrollálni a két ország relatív fejlettségi szintjére, amely az egy főre eső GDP-vel mérhető. Ez lehetővé teszi a fejlettségi vagy termelékenységi különbségek sokkterjedésre gyakorolt hatásának mérését.

4.4. Eredmények

A Granger-okság hálózaton alapuló sokkterjedési kapcsolatokat magyarázó becslések eredményeit a 11. táblázat, a HP Granger-okság hálózaton alapuló sokkterjedési kapcsolatokat magyarázó modellváltozatok eredményeit a 12. táblázat mutatja be. A táblázatokban a logisztikus panel regresszió konkrét változóira vonatkozó esélyhányadosok („odds-arányok”) olvashatók le, zárójelben kiegészítve a robusztus standard hibákkal. Egy adott esemény bekövetkezésének esélye („odds”) azt mutatja meg, hogy mekkora az esemény bekövetkezésének valószínűsége (p) annak valószínűségéhez képest, hogy az esemény nem következik be ($1 - p$), azaz ($p/(1 - p)$). Az esélyhányados azt méri, hogy egy adott független változó egy egységgel történő növekedése milyen változást eredményez a megfigyelt esemény bekövetkezésének esélyében minden más változatlansága mellett.

Ebben az esetben az 1.01 esélyhányados azt jelenti, hogy a relatív kereskedelmi nyitottság változóban bekövetkező egységnyi növekedés a két ország közötti sokkterjedés esélyét 1 százalékkal növeli. Attól függ, hogy ez az 1 százalékos esélynövekedés hogyan viszonyul a sokkterjedés tényleges valószínűségéhez képest, hogy a változás milyen valószínűségi szinten következik be. Ha az esemény bekövetkezésének valószínűsége 1 százalék, akkor az esély is megközelítőleg 1 százalék (1:100), így az esély 1 százalékos növekedése az esemény valószínűségének 1 százalékos növekedésének felel meg, azaz 0.01 százalékpontnak. Ha az esemény bekövetkezésének valószínűsége 50 százalék, akkor az esély 1:1 (100%), így az esély 1 százalékos növekedése a valószínűség 0.5 százalékpontos növekedésének felel meg.

A regresszióba került megfigyelések alapján a sokkterjedés átlagos valószínűsége a Granger-okság hálózat esetében 39.34 százalék. Ez azt jelenti, hogy az 1 százalékos esélyhányados 0.26 százalékpontos növekedésnek felel meg. A HP Granger-okság hálózat esetében a sokkterjedés átlagos valószínűsége 38.76 százalék, amely alapján az 1 százalékos esélyhányados 0.25 százalékpontos növekedésnek felel meg a sokkterjedés valószínűségében.

A különböző magyarázó változók mellett (kétirányú, upstream vagy downstream kereskedelmi nyitottság) a korábban bemutatott négy kontrollváltozó minden modellváltozatban szignifikánsnak bizonyult. A becslésekben a megfigyelési egység a c országpár, ahol i ország a sokkterjedés forrása, j ország a célország. A becsült együtthatók/esélyhányadosok előjele és nagysága a különböző modellváltozatok között robusztus. Ez alól egyedül a származási ország népességére (méretére) vonatkozó változó képez kivételt,

ugyanis a Granger-okság hálózatokon alapuló becslésekben pozitív, a HP-Granger-okság hálózatokon alapuló becslésekben negatív szignifikáns hatás állapítható meg. Az esélyhányados becslésében jelentős eltérés a különböző eredmény változók alkalmazása mellett figyelhető meg. Annak ellenére, hogy mindkét eredmény változó esetén szignifikáns kapcsolat állapítható meg, a Granger-okság hálózat esetében a sokkot terjesztő ország népességének növekedése (az ország mérete) pozitív irányban befolyásolja a sokkterjedés valószínűségét, a HP Granger-okság esetében ez a hatás negatív irányú.

11. táblázat: A Granger-okság hálózaton alapuló sokkterjedési kapcsolatok becslésének eredménye

$y_{c,t}^G$	<i>Model – 1</i>	<i>Model – 2A</i>	<i>Model – 2B – u</i>	<i>Model – 2B – d</i>
$T_{c,t}$	1.01629** (0.0061425)	–	–	–
$U_{c,t}$	–	1.004786 (0.0084161)	1.013032** (0.0048341)	–
$D_{c,t}$	–	1.011013 (0.008946)	–	1.013949** (0.0068516)
$GDPCap_i$	0.8930218*** (0.0274626)	0.893821*** (0.0276353)	0.8951496*** (0.0276494)	0.8959348*** (0.0272883)
$GDPCap_j$	1.229161*** (0.0390826)	1.227777*** (0.039625)	1.225564*** (0.0393698)	1.224249*** (0.0387075)
Pop_i	1.01596 ** (0.0071447)	1.016089** (0.0070925)	1.016154** (0.0070839)	1.016409** (0.007105)
Pop_j	1.026568 ** (0.0112066)	1.026492 ** (0.0111951)	1.026562** (0.0111943)	1.026347** (0.011158)
N	30030	30030	30030	30030
$Wald \chi^2$	66.21***	68.50***	60.56***	68.39***
$Pseudo R^2$	0.0396	0.0397	0.0381	0.0395

A robusztus standard hibák zárójelben szerepelnek az odds-ráták alatt,

*** < 0.001

** < 0.05

* < 0.1.

Forrás: saját szerkesztés.

A célország méretét (népességét) vizsgálva pozitív hatás állapítható meg mindkét sokkterjedési hálózatban, azaz minden más változatlansága mellett a nagyobb (népesebb) országok jellemzően növelik a sokkterjedés valószínűségét. A Granger-okság hálózat kapcsolatainak becslése összhangban van a gravitációs elvvel, azaz a sokkterjedés valószínűsége nő, ha a két ország valamelyike nagyobb. Ezzel szemben a HP Granger-okság hálózat kapcsolatainak magyarázata arra utal, hogy a nagyobb országok valószínűbb,

hogy a sokkok fogadói lesznek, míg a kisebb országok nagyobb valószínűséggel lesznek sokkokat terjesztő országok.

12. táblázat: A HP Granger-okság hálózaton alapuló sokkterjedési kapcsolatok becslésének eredménye

$y_{c,t}^G$	<i>Model – 1</i>	<i>Model – 2A</i>	<i>Model – 2B – u</i>	<i>Model – 2B – d</i>
$T_{c,t}$	1.010309** (0.0052051)	–	–	–
$U_{c,t}$	–	0.9990693 (0.0071911)	1.006458 (0.0051588)	–
$D_{c,t}$	–	1.010078 (0.0086875)	–	1.009577 (0.0062053)
$GDPCap_i$	0.8874647*** (0.0226883)	0.8876793*** (0.0227075)	0.8907022*** (0.0227005)	0.8874509*** (0.0225769)
$GDPCap_j$	1.152534*** (0.0325587)	1.15319*** (0.0327404)	1.147854*** (0.0321268)	1.153347*** (0.0325802)
Pop_i	0.9848761** (0.0056498)	0.9852538** (0.0056001)	0.9851711** (0.0056486)	0.9851722** (0.0055745)
Pop_j	1.06074*** (0.0107065)	1.060491*** (0.0106602)	1.060582*** (0.010671)	1.060542*** (0.0106651)
N	38388	38388	38388	38388
$Wald \chi^2$	56.73***	57.42***	55.14***	57.40***
$Pseudo R^2$	0.0308	0.0312	0.0298	0.0312

A robusztus standard hibák zárójelben szerepelnek az odds-ráták alatt,

*** < 0.001

** < 0.05

* < 0.1.

Forrás: saját szerkesztés.

A Granger-okság hálózaton alapuló regresszió esélyhányadosai alapján megállapítható, hogy egymillió lakos 1.6 százalékkal növeli a célország és 2.6 – 2.7 százalékkal a forrás ország oldalán az esélyhányadost. Ez alapján további egymillió lakos 0.41 – 0.42 százalékkal növeli annak valószínűségét, hogy a forrás ország a sokk kibocsátója lesz és 0.67 – 0.68 százalékkal növeli annak valószínűségét, hogy a sokk tovább terjed a célország irányába.

Ezzel szemben a HP Granger-okság becslés esélyhányadosai alapján az a következtetés vonható le, hogy egymillió lakos 6 százalékkal növeli a célország oldalán az esélyhányadost, míg a forrás oldalon 1.5 százalékkal csökkenti azt. Ez tehát azt jelenti, hogy további egymillió lakos 1.48 – 1.49 százalékkal növeli annak a valószínűségét, hogy a célország felé tovább terjed a sokk, viszont 0.36 – 0.37 százalékponttal csökkenti annak a valószínűségét, hogy a forrás ország a sokk kibocsátójává válik.

A modell a potenciálisan sokkterjedést indító és fogadó országok fejlettségére azok egy főre eső kibocsátásaival kontrollál. Mindkét változó esélyhányadosai szignifikánsak és robusztusok minden modellváltozatban. Míg a forrás ország negatívan befolyásolja a sokkterjedést, a célország pozitívan hat rá. Ez azt jelenti, hogy a sokkok nagyobb valószínűséggel terjednek a fejlődő országok irányából a fejlett országok felé. A forrás országok esélyhányadosa -10.4 és -11.25 százalék közötti értéket vesz fel, ami azt jelenti, hogy az egy főre eső GDP ezer dolláros növekedése (vásárlóerő paritáson mérve) átlagosan $2.65 - 2.87$ százalékponttal csökkenti a sokk terjesztésének valószínűségét. A célország esélyhányadosa a Granger-okság hálózat becslésben átlagosan 22.7 százalék, a HP Granger-okság hálózat esetén átlagosan 15.2 százalék. Ez azt jelenti, hogy az egy főre eső GDP ezer dolláros növekedése a Granger-okság hálózat esetén átlagosan 5.78 százalékponttal, a HP-Granger-okság hálózat esetében átlagosan 3.7 százalékponttal növeli a sokkterjedést a célország irányába. Figyelembevéve az elemzésben használt mértékegységet (ezer dollár) elmondható, hogy ez gazdaságilag fontos hatás, ami azt jelenti, hogy a fejlettségi szint javulása (az egy főre eső GDP-vel mérve) jelentősen megváltoztatja a sokkterjedési kapcsolatokat a hálózatban.

A kontroll változók mellett azonban a dolgozat elemzése elsősorban a relatív kereskedelmi nyitottság országok közötti sokkterjedésre gyakorolt szerepére összpontosít. Az alapmodellekben (Model-1) a magyarázó változó a relatív (j ország kibocsátásához viszonyított) kétirányú kereskedelmi nyitottság. Mindkét eredményváltozó becslése során pozitív, szignifikáns (5%-os szinten) hatás állapítható meg a relatív kereskedelmi nyitottság és a sokkterjedés között. A Granger-okság hálózat sokkterjedési kapcsolatainak esélyhányadosa 1.016 , a HP Granger-okság hálózat esélyhányadosa 1.010 . Ez azt jelenti, hogy ha i és j ország közötti export és/vagy import nő a j ország kibocsátásához képest, akkor a sokk terjedésének esélye i országból j országba $1 - 1.5$ százalékkal nő. A kereskedelmi nyitottság mutatók mérése 0.01 százalékpontos egységekben történik, így az 1 százalékos esélyhányados azt jelenti, hogy a kereskedelmi nyitottság 0.01 százalékponttal történő kisméretű növekedése 1 százalékkal növeli a két ország közötti sokkterjedés esélyét. Ez átlagosan, minden más változatlansága mellett azt jelenti, hogy a sokkterjedés valószínűsége 0.42 (Granger-okság hálózat) vagy 0.25 (HP Granger-okság hálózat) százalékponttal nagyobb, ami közgazdasági értelemben is jelentős hatásként értékelhető. Az alapmodellek eredménye alapján tehát szoros kapcsolat mutatható ki a kereskedelmi nyitottság és a sokkterjedés, azaz az üzleti ciklusok országok közötti terjedése között.

Az alapmodell általános áttekintést nyújt a vizsgált változók kapcsolatáról, a különböző alternatív modellváltozatokban azonban a relatív kereskedelmi nyitottságot két csatornára bontva elemzem tovább. Az irányított magyarázó változók külön-külön (Model-2B-u és Model-2B-d) és egyszerre (Model-2A) is a becslésbe kerülnek. Amikor az upstream és a downstream csatornákat együtt vizsgáljuk, akkor egyik eredményváltozóra sem gyakorolnak szignifikáns hatást. A HP Granger-okság hálózat sokkterjedési kapcsolatait továbbá nem magyarázza szignifikánsan sem az upstream sem a downstream csatorna akkor sem, ha külön vizsgáljuk hatásait. Ezzel szemben a Granger-okság hálózat sokkterjedési kapcsolatait szignifikánsan (5%-os szinten) magyarázza mindkét irányú kereskedelmi csatorna.

Az upstream irányú kereskedelmi csatorna esélyhányadosa 1.013, ami azt jelenti, hogy ha j országból i országba nő a kereskedelmi volumen j ország kibocsátásához képest, akkor az import irányú sokkterjedés valószínűsége 0.33 százalékponttal nő minden más változatlansága mellett. A downstream irányú kereskedelmi csatorna esélyhányadosa 1.014, ami azt jelenti, hogy ha i országból j ország irányába nő a kereskedelmi volumen j ország kibocsátásához képest, akkor az export irányú sokkterjedés valószínűsége 0.36 százalékponttal nő.

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy a kétirányú kereskedelmi nyitottság szignifikáns csatornája a sokkterjedésnek, azonban nem határozható meg egyértelműen, hogy a sokkterjedés az upstream vagy downstream mechanizmusok mentén történik. A legtöbb modellben ugyanis nem gyakorol szignifikáns hatást egyik csatorna sem a sokkterjedésre. Abban a modellben, amikor az esélyhányadosok szignifikánsak, akkor viszont a két hatás azt mutatja, hogy a két csatorna hasonló mértékben járul hozzá a sokkterjedés valószínűségének növekedéséhez. Ez azt jelzi, hogy az upstream és downstream kapcsolatoknak egyaránt jelen kell lenniük ahhoz, hogy a sokkterjedést jelentősen befolyásolják. E jelenség lehetséges oka a kereskedelmi kapcsolatok összetettsége és sokfélesége, amely számos különböző terméket és csatornát foglal magába, amelyeken keresztül a sokkok terjedhetnek, viszont ezek a különböző csatornák egymás hatásait semlegesíthetik is. Előfordulhat például, hogy egyes ágazatokban az upstream mechanizmusok dominánsabbak, más ágazatokban a downstream mechanizmusok játszanak fontosabb szerepet, ami így az aggregált kereskedelem szintjén elmosódó hatást eredményez. Az ágazati kereskedelmi kapcsolatok elemzése további kutatási irányt jelenthet a későbbi elemzések során.

5. Összegzés

A doktori értekezésben a makrogazdasági sokkok terjedését vizsgáltam meg a szorosan összekapcsolt, globális gazdasági rendszerben. A sokkterjedési kapcsolatok feltárása érdekében az országok üzleti ciklusainak szinkronizáltságát térképeztem fel. A téma fő motivációját az adta, hogy a globalizáció és a gazdasági integráció hatására az országok szoros összekapcsoltsága nemcsak az adott ország gazdasági idősorait befolyásolja, de az országok gazdasági mutatói közötti szinkronizációra is hatással lehet. Amennyiben két ország kibocsátási üteme vagy ciklikus komponense között kapcsolat áll fenn, akkor felrajzolható egy kapcsolati rendszer, amely képet ad a makrogazdasági sokkok terjedéséről – az országok idősorainak egymásra hatása, üzleti ciklusaik átgyűrűződése révén – és ez a struktúra a hálózatelméleti mutatók segítségével elemezhető.

A kapcsolatokat két módszer segítségével definiáltam. Egyrészt korrelációs elemzést alkalmaztam, amivel az mutatható ki, hogy két ország ugyanabban a növekedési fázisban van. Másrészt annak érdekében, hogy a sokkterjedésre pontosabban következtethesek az országok idősorainak ok-okozati mintáit is feltérképeztem páronkénti Granger-okság tesztek alkalmazásával.

A fenti módszereket a dolgozatban bemutatott szakirodalmak alapján egyrészt az országok GDP növekedési ütemén, másrészt a trendszűrt GDP idősorokon alkalmaztam annak érdekében, hogy az eredmények robusztusságát is ellenőrizzem. A vizsgált országok köre 25, majd 42 országra terjedt ki 1960 és 2019, valamint 1996 és 2019 között. A hálózatok topológiáját gördülő időablakok alkalmazása mellett vizsgáltam meg, így a dolgozat első részében az időbeli változásokra helyeztem a hangsúlyt.

A felhasznált adatok és a bemutatott módszerek alapján elsőként azt vizsgáltam, hogy növekedett-e az országok gazdasági idősorainak szinkronizáltsága az elmúlt fél évszázadban. A főbb eredmények a következők.

- Mindhárom hálózat (a korrelációs, a Granger-okság és a HP Granger-okság hálózat) esetében megfigyelhető a sűrűség nagyjából egy évtizedes fokozatos növekedése, majd az ezt követő visszaesés után egy mérsékeltebb, de stabil növekedés figyelhető meg egészen a 2008-as válságig.
- A 2008-as válságot megelőző periódusokban a sűrűség hirtelen növekedését tapasztaltam, amely elsősorban a válság globális kiterjedtségére utal.

Bár az üzleti ciklusok korrelációjának drasztikus növekedése magyarázható azzal, hogy az országokat egyszerre érinti a 2008-as válság, az oksági hálózatok is hirtelen növekedésnek indulnak, annak ellenére, hogy a Granger-okság teszt figyelembe veszi az okozati összefüggéseket is. Így a hálózatok sűrűségének növekedéséből arra következtethetünk, hogy az idősorok szinkronizáltabbá váltak, ezért a sokkterjedés is felerősödött. Ezek az eredmények megválaszolják az első kutatási kérdést: a gazdasági idősorok integráltsága növekedett, ez fokozottan igaz a 2008-as válság időszakában, amely hatására az idősorok szinkronizáltsága drasztikusan nőtt.

A szinkronizáltság növekedése mögötti egyik lehetséges ok, hogy az egyre erősödő gazdasági integráltság miatt egy szerkezeti átalakulás ment végbe az országok közötti sokkterjedésben. A másik lehetséges magyarázat, hogy a globális, mindenkit érintő sokkok gyakoribbá váltak a világgazdaságban. Ezért az értekezésben a második kutatási kérdés az volt, hogy változott-e a sokkok terjedése az országok között, és ha igen, milyen minták mentén történt változás. Ennek megválaszolásához részletes topológiai elemzéseket végeztem, amelyek legfontosabb eredményei a következők.

- A sűrűség növekedése mellett a sokkterjedés gyorsulására utal, hogy a hálózat átlagos elérési útjának hossza csökkent. A vizsgált hálózatok struktúrája a kisvilág szerkezet felől egy láncszerű szerkezet irányába mozdult el, amelyben nem található bármely két ország között elérési út, tehát a véletlen hálózathoz képest nagyobb arányban fordulnak elő olyan országok, amelyek a válságot kizárólag elnyelik, vagy csak terjesztik azt.
- A válság hatására a hálózatban központi szerepet betöltő országok összetétele is megváltozott.
- A sokkterjedési hálózatok struktúrája közel áll a véletlen hálózatok szerkezetéhez.
- Az átlagos elérési utak és a klaszterezettség azonban magasabbak a véletlen hálózathoz képest, főként a 2008-as válság ideje alatt. Ez azt jelenti, hogy ilyenkor elsősorban a helyi országcsoportokon belül terjednek a sokkok, a csoportok közötti sokkterjedés alacsonyabb a véletlen hálózathoz képest.
- Minden vizsgált hálózatelméleti mutató eredménye azt mutatja, hogy a 2008-as válság egy jelentősebb cezúrát jelent a hálózati struktúrában.
- A szerkezeti átalakulás nem a gazdasági válságok következménye, ugyanis a hálózatelméleti mutatók (átlagos elérési út, foksámferdeség, klaszterezettség)

eredményei nem változnak jelentős mértékben, ha figyelmen kívül hagyjuk a v sokkterjedést.

- Az országok közötti, okságon alapuló szinkronizáltság nem véletlenszerű, azaz előrejelezhető, hogy a sokkterjedés mely országok között valósul meg nagyobb valószínűséggel. A megfigyelt kapcsolatok tehát mélyebb gazdasági mechanizmusokat tükröznek, szisztematikusan alakulnak ki.

A topológiai elemzések eredményei megválaszolják a második kutatási kérdést, összegzik a vizsgált hálózatok legfontosabb szerkezeti változásait. Ez azt jelenti, hogy az eredmények alapján az országok közötti üzleti ciklusok szinkronizációjának növekedése nem a sokkok gyakoribbá válásának következménye, hanem az országok közötti makrojelenségek terjedési szerkezetének megváltozása okozza, amely mögött mélyebb gazdasági mechanizmusok állnak.

Ezekre az eredményekre épült a harmadik kutatási kérdés, azaz, hogy a kereskedelmi nyitottság magyarázza-e az országok közötti sokkterjedést. A nyitottságot bilaterális termék-kereskedelmi volumen adatok célország kibocsátásához viszonyított arányával, a sokkterjedést a korábban bemutatott Granger-okság és HP Granger-okság kapcsolataival határoztam meg. Az elemzést a rövid, 42 országot tartalmazó adatbázison végeztem el. Az állandóhatású logisztikus panel-ökonometriai becslések eredményei a következők.

- Mindkét eredményváltozó becslése során pozitív, szignifikáns (5%-os szinten) hatás állapítható meg a relatív kétirányú kereskedelmi nyitottság és a sokkterjedés között. Az eredmények szerint, ha a kereskedelmi nyitottság 0.01 százalékponttal nő, akkor minden más változatlansága mellett a sokkterjedés valószínűsége 0.42 (Granger-okság hálózat) vagy 0.25 (HP Granger-okság hálózat) százalékponttal nagyobb, ami közgazdasági értelemben is jelentős hatásként értékelhető.
- A Granger-okság hálózat sokkterjedési kapcsolatait szignifikánsan (5%-os szinten) magyarázza mindkét irányú kereskedelmi csatorna, amennyiben azokat külön-külön vesszük figyelembe. Az eredmények alapján, ha j országból i országba 0.01 százalékponttal nő a kereskedelmi volumen j ország kibocsátásához képest, akkor az import irányú sokkterjedés valószínűsége 0.33 százalékponttal nő minden más változatlansága mellett. Ha pedig i országból j ország irányába nő a kereskedelmi volumen 0.01 százalékponttal j ország kibocsátásához képest, akkor az export irányú sokkterjedés valószínűsége 0.36 százalékponttal nő.

- A HP Granger-okság hálózat kapcsolatait viszont nem magyarázza szignifikánsan sem az upstream sem a downstream kereskedelmi nyitottság.

Az alapmodellek eredménye tehát szoros kapcsolatot mutat ki a kétirányú kereskedelmi nyitottság és a sokkterjedés, azaz az üzleti ciklusok országok közötti terjedése között. Robusztus eredményt azonban az upstream vagy downstream mechanizmusok magyarázatával nem kaptam. Az eredmények alapján arra következtetek, hogy a sokkok irányának szétválasztásával nem állapítható meg biztosan, hogy szignifikáns-e valamilyen csatorna, előfordulhat, hogy a két irány egymás hatásait semlegesíti, például úgy, hogy az egyes iparági ágazatokban az egyik mechanizmus, más ágazatokban pedig másik mechanizmus dominál, ezáltal az aggregált kereskedelem szintjén a hatások elmosódhatnak. Ezt igazolja az is, hogy a Granger-hálózat kapcsolatainak magyarázata során, mindkét kereskedelmi nyitottság mutató szignifikáns esélyhányadosa hasonló értéket vesz fel. Ennek feltárása érdekében a további kutatások során érdemes lehet ágazati elemzéseket végezni.

Az összegzés végén a doktori értekezés további korlátjait foglalom össze, amelyek részleges vagy teljes feloldásával az elemzések tovább finomíthatók. Ezek a korlátok egyrészt adatoldalúak, hiszen kevés országra érhetőek el hiánytalanul negyedéves GDP adatok a vizsgált hosszabb időszakokra. Ezt a korlátot az elemzésekben azzal lazítottam, hogy a dolgozat egyes részeiben a vizsgált időszakot rövidítettem, ezzel párhuzamosan az elemzésbe vonható országok körét bővíteni tudtam.

Másrészt a dolgozatnak módszertani korlátjai is vannak. A feltett kutatási kérdések megválaszolásához nincs konzisztens módszer, a szakirodalom különböző elemzésekkel vizsgál hasonló kérdéseket. A dolgozatban a sokkterjedési kapcsolatokat hálózati topológiai elemzésekkel vizsgálom meg, amely lehetőséget nyújt az országok közötti kapcsolati szerkezet változásának elemzésére, ugyanakkor ez a módszer kizárólag a struktúrára koncentrál, a hálózat csúcsait homogénnek feltételezi. Ahhoz, hogy topológiai elemzést végezzek, az országok közötti sokkterjedési kapcsolatokat azonosítottam. Ezek a kapcsolatok azonban többrétegűek, az országokat különböző csatornák (pénzügyi, kereskedelmi, makroökonómiai kapcsolatok) kötik össze egymással.

A doktori értekezésben a sokkterjedést az országok közötti üzleti ciklusok szinkronizációjának elemzésével vizsgáltam meg. További kutatások során érdemes lehet a sokkterjedést egyéb módszerekkel is feltérképezni, valamint az üzleti ciklusok együztmozgásának vizsgálata is továbbfejleszhető a GDP mellett más makroökonómiai

mutatók segítségének vizsgálatával. A továbbiakban az empirikus elemzések kiegészíthetők olyan makroökonómiai modellekkel, amelyek több makroökonómiai változó kölcsönhatására épülnek, így minden országot külön makroökonómiai modell ír le. Ezáltal pontosabb lehet a sokkterjedési kapcsolatok azonosítása, továbbá az országok homogenitásának problémája is kezelhetővé válna.

Az értekezésben elvégzett elemzések GDP növekedési adatokon és trendszűrt GDP ciklikus komponenseken alapulnak. A trendszűréshez HP-szűrőt alkalmaztam, amely makroökonómiai idősorokon való felhasználását több kritika is érte az elmúlt időszakban. A módszerrel kapcsolatos aggodalmak elősorban a valós idejű előrejelzések alkalmazására vonatkoznak, üzleti ciklusok szinkronizációjának vizsgálatára a szakirodalom továbbra is alkalmazza. Ennek ellenére érdemes lehet a további kutatások során az elemzéseket egyéb trendszűrésési módszereken (pl: Band-pass szűrő) alapuló ciklikus komponenseken is elvégezni, a kapott eredményeket egymással összevetni.

Az országok növekedési ütemeinek és a ciklikus komponenseinek szinkronizációját egyrészt korrelációval, másrészt Granger-okság teszttel végeztem el, utóbbi valamivel pontosabb képet adott az oksági kapcsolatok feltárására. Fontos azonban hangsúlyozni a Granger-okság teszt korlátját is: a módszer nem határoz meg egyértelmű (filozófiai értelemben vett) okságot, azonban alkalmas az idősorok közötti irányított kapcsolatok kimutatására. Végül az idősorelemzésnek, az időablakok alkalmazásának nehézségét is fontos kiemelni. A doktori értekezésben alkalmazott időablakok hosszúak, 13 évre vonatkoznak, ez idő alatt végbemehettek különböző gazdasági események, amelyek kimutatására így sajnos nincs lehetőség. Ezzel párhuzamosan az egyes válságok időszakait túl sok időablak tartalmazza, a sokkok időszakainak lehatárolása nehéz. Ez a korlát a további kutatások során nagyobb frekvenciás adatok elérésével vagy azok becslésével és alkalmazásával oldható fel.

Függelék

F1. táblázat: Az ADF-tesztek részletesebb ismertetése a GDP növekedési adatokon, a trendszírt GDP ciklikus komponensein 25 és 42 országot tartalmazó minta esetén

ADF teszt	$x_{i,\tau}$		$c_{i,\tau}^{25}$		$c_{i,\tau}^{42}$	
$0,1 < p$	283	6,19%	325	7,10%	26	1,47%
$0,05 < p \leq 0,1$	348	7,61%	323	7,06%	58	3,29%
$0,01 < p \leq 0,05$	857	18,73%	1585	34,64%	604	34,24%
$p \leq 0,01$	3087	67,48%	2342	51,19%	1076	61,00%

Forrás: saját számítások (ADF-teszt függvény alapján).

F2. táblázat: A KPSS-tesztek részletesebb ismertetése a GDP növekedési adatokon, a trendszírt GDP ciklikus komponensein 25 és 42 országot tartalmazó minta esetén

KPSS teszt	$x_{i,\tau}$		$c_{i,\tau}^{25}$		$c_{i,\tau}^{42}$	
$p \leq 0,01$	127	2,78%	0	0,00%	0	0,00%
$0,01 \leq p < 0,05$	363	7,93%	7	0,15%	2	0,11%
$0,05 \leq p \leq 0,1$	423	9,25%	12	0,26%	2	0,11%
$0,1 \leq p$	3662	80,04%	4556	99,58%	1760	99,77%

Forrás: saját számítások (KPSS-teszt függvény alapján).

Felhasznált irodalom

- Acemoglu, D., Ozdaglar, A. & Tahbaz-Salehi, A. (2015) Systemic risk and stability in financial networks. *American Economic Review*, 105(2), 564-608.
- Acharya, V. V. & Richardson, M. (2009) CAUSES OF THE FINANCIAL CRISIS. *Critical Review*, 21(2-3), 195-210.
- Akerlof, G. A. & Shiller, R. J. (2011) *Animal Spirits - Avagy a lelki tényezők szerepe a gazdaságban és a globális kapitalizmusban*. Budapest: Corvina.
- Alber, N. (2020) The Effect of Coronavirus Spread on Stock Markets: The Case of the Worst 6 Countries. *Available at SSRN 3578080*.
- Albert, R., Jeong, H. & Barabasi, A. L. (2000) Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, 406(6794), 378-382.
- Allison, P. D. (2009) *Fixed effects regression models*, 160SAGE publications.
- Antonakakis, N., Gogas, P., Papadimitriou, T. & Sarantis, G. A. (2016) International business cycle synchronization since the 1870s: Evidence from a novel network approach. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 447, 286-296.
- Arčabić, V. & Škrinjarić, T. (2021) Sharing is caring: Spillovers and synchronization of business cycles in the European Union. *Economic Modelling*, 96, 25-39.
- Askari, M., Shirazi, H. & Samani, K. A. (2018) Dynamics of financial crises in the world trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 501, 164-169.
- Backus, D. K., Kehoe, P. J. & Kydland, F. E. (1992) International real business cycles. *Journal of Political Economy*, 100(4), 745-775.
- Balcilar, M. & Ozdemir, Z. A. (2013) The export-output growth nexus in Japan: a bootstrap rolling window approach. *Empirical Economics*, 44(2), 639-660.
- Banerjee, R. & Majumdar, P. (2020) Exponential Growth Bias in the Prediction of COVID-19 Spread and Economic Expectation.
- Barabási, A.-L. (2016) *A hálózatok tudománya*. Libri.
- Barabási, A.-L. & Albert, R. (1999) Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509-512.
- Baxter, M. & Kouparitsas, M. A. (2005) Determinants of business cycle comovement: a robust analysis. *Journal of Monetary Economics*, 52(1), 113-157.
- Bean, C. (2010) The great moderation, the great panic, and the great contraction. *Journal of the European Economic Association*, 8(2-3), 289-325.

- Beck, K. (2019) What drives business cycle synchronization? BMA results from the European Union. *Baltic journal of Economics*, 19(2), 248-275.
- Beck, K. (2021) Capital mobility and the synchronization of business cycles: Evidence from the European Union. *Review of International Economics*.
- Beck, N. (2020) Estimating grouped data models with a binary-dependent variable and fixed effects via a logit versus a linear probability model: The impact of dropped units. *Political Analysis*, 28(1), 139-145.
- Benjamini, Y. & Hochberg, Y. (1995) Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal statistical society: series B (Methodological)*, 57(1), 289-300.
- Berlinger, E., Michaletzky, M. & Szenes, M. (2011) A fedezetlen bankközi forintpiac hálózati dinamikájának vizsgálata a likviditási válság előtt és után (Examination of the network dynamics of the uncovered interbank forint market before the liquidity crisis and after). *Közgazdasági Szemle*, 58(3), 229-252.
- Biggs, N., Lloyd, E. K. & Wilson, R. J. (1986) *Graph Theory, 1736-1936* Oxford University Press.
- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R. & Lefebvre, E. (2008) Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, 2008(10), P10008.
- Blonigen, B. A., Piger, J. & Sly, N. (2014) Comovement in GDP trends and cycles among trading partners. *Journal of International Economics*, 94(2), 239-247.
- Boguná, M., Pastor-Satorras, R. & Vespignani, A. (2003) Absence of epidemic threshold in scale-free networks with degree correlations. *Physical review letters*, 90(2), 028701.
- Boldi, R. (2020) Granger_Cause_1. MATLAB Central File Exchange.
- Borio, C. (2014) The financial cycle and macroeconomics: What have we learnt? *Journal of Banking & Finance*, 45, 182-198.
- Boss, M., Elsinger, H., Summer, M. & Thurner, S. (2004) An empirical analysis of the network structure of the Austrian interbank market. *Financial Stability Report*, 7, 77-87.
- Boughton, J. M. (2003) On the origins of the Fleming-Mundell model. *IMF Staff Papers*, 50(1), 1-9.
- Bunyan, S., Duffy, D., Filis, G. & Tingbani, I. (2020) Fiscal policy, government size and EMU business cycle synchronization. *Scottish Journal of Political Economy*, 67(2), 201-222.

- Bélyácz, I. & Pintér, É. (2011) Egy különös pénzügyi válság rendhagyó tanulságai. *Hitelintézeti Szemle*, 5, 465.
- Caldarelli, G., Capocci, A., De Los Rios, P. & Munoz, M. A. (2002) Scale-free networks from varying vertex intrinsic fitness. *Physical review letters*, 89(25), 258702.
- Canova, F. & Dellas, H. (1993) Trade interdependence and the international business cycle. *Journal of international economics*, 34(1-2), 23-47.
- Cantor, R. & Mark, N. C. (1988) The international transmission of real business cycles. *International Economic Review*, 493-507.
- Cecchetti, S. G., King, M. & Yetman, J. (2011) Weathering the financial crisis: good policy or good luck? BIS Working Paper No. 351, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1942165>
- Cerqueira, P. A. & Martins, R. (2009) Measuring the determinants of business cycle synchronization using a panel approach. *Economics Letters*, 102(2), 106-108.
- Chiodo, A. J. & Owyang, M. T. (2002) A case study of a currency crisis: The Russian default of 1998. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 84(6), 7.
- Chionis, D., Mitropoulos, F. & Sarantidis, A. (2020) Business cycles and macroeconomic asymmetries: New evidence from Eurozone and European countries. *International Journal of Finance & Economics*.
- Clemente, G. P. & Grassi, R. (2018) Directed clustering in weighted networks: A new perspective. *Chaos, Solitons & Fractals*, 107, 26-38.
- Cooke, D. A., Kose, M. A., Otrok, C. & Owyang, M. T. (2015) Regional vs. Global: How Are Countries' Business Cycles Moving Together These Days? *The Regional Economist* (April).
- Crotty, J. (2009) Structural causes of the global financial crisis: a critical assessment of the 'new financial architecture'. *Cambridge Journal of Economics*, 33(4), 563-580.
- Csardi, G. & Nepusz, T. (2006) The igraph software package for complex network research. *InterJournal, complex systems*, 1695(5), 1-9.
- Csermely, P. (2004) Strong links are important, but weak links stabilize them. *Trends in biochemical sciences*, 29(7), 331-334.
- Csermely, P. (2005) *A rejtett hálózatok ereje: Mi segíti a világ stabilitását?* Vince Kiadó.
- Dale, R. (2004) *The first crash: lessons from the South Sea Bubble*. Princeton University Press.

- David, G. (2020) fdr_bh
(https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/27418-fdr_bh).
- De Benedictis, L. & Tajoli, L. (2011) The World Trade Network. *World Economy*, 34(8), 1417-1454.
- De Sismondi, J. C. L. S. (1827) *Nouveaux principes d'économie politique, ou de la richesse dans ses rapports avec la population* (Vol. 2).
- de Soyres, F. & Gaillard, A. (2020) Global trade and gdp co-movement. *FRB International Finance Discussion Paper* (1282).
- del Rio-Chanona, R. M., Korniyenko, Y., Patnam, M. & Porter, M. A. (2020) The multiplex nature of global financial contagions. *Applied Network Science*, 5(1), 1-23.
- Di Giovanni, J. & Levchenko, A. A. (2010) Putting the parts together: trade, vertical linkages, and business cycle comovement. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(2), 95-124.
- Diebold, F. X. & Yilmaz, K. (2013) Measuring the dynamics of global business cycle connectedness. PIER Working Paper No. 13-070, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2369340> .
- Dijkstra, E. W. (1959) A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269-271.
- Doyle, B. M. & Faust, J. (2002) An Investigation of Co-movements among the Growth Rates of the G-7 Countries. *Fed. Res. Bull.*, 88, 427.
- Doyle, B. M. & Faust, J. (2005) Breaks in the variability and comovement of G-7 economic growth. *Review of Economics and Statistics*, 87(4), 721-740.
- Drehmann, M., Borio, C. & Tsatsaronis, K. (2012) Characterising the Financial Cycle: Don't Lose Sight of the Medium Term! *BIS Working Paper*, 380.
- Dées, S. & Zorell, N. (2012) Business cycle synchronisation: disentangling trade and financial linkages. *Open Economies Review*, 23(4), 623-643.
- Edwards, S. (2009) Sequencing of reforms, financial globalization, and macroeconomic vulnerability. *Journal of the Japanese and International Economies*, 23(2), 131-148.
- Erdős, P. & Rényi, A. (1959) On random graphs Publ. *Math. Debrecen*, 6, 290-297.
- Faggini, M., Bruno, B. & Parziale, A. (2019) Crises in economic complex networks: Black Swans or Dragon Kings? *Economic Analysis and Policy*, 62, 105-115.
- Fagiolo, G., Reyes, J. & Schiavo, S. (2009) World-trade web: Topological properties, dynamics, and evolution. *Physical Review E*, 79(3), 19.

- Farkas, P. (2012) A világgazdasági válság elhúzódásának mélyebb okairól, in Farkas, P., Meisel, S. & Weiner, C. (eds), *Elveszett Illúziók - A Világgazdaság Tartós Válságáról*. Budapest: MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont.
- Farmer, J. D. & Foley, D. (2009) The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685-686.
- Fleming, J. M. (1962) Domestic financial policies under fixed and under floating exchange rates. *Staff Papers*, 9(3), 369-380.
- Foster, J. B. & Magdoff, F. (2009) *The great financial crisis: Causes and consequences*, NYU Press.
- Frankel, J. A. & Rose, A. K. (1997) Is EMU more justifiable ex post than ex ante? *European Economic Review*, 41(3-5), 753-760.
- Frankel, J. A. & Rose, A. K. (1998) The endogeneity of the optimum currency area criteria. *The Economic Journal*, 108(449), 1009-1025.
- Fratzcher, M. (1998) Why are currency crises contagious? A comparison of the Latin American Crisis of 1994–1995 and the Asian Crisis of 1997–1998. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 134(4), 664-691.
- Gao, Y.-C., Wei, Z.-W. & Wang, B.-H. (2013) Dynamic evolution of financial network and its relation to economic crises. *International Journal of Modern Physics C*, 24(02), 1350005.
- Garas, A., Argyrakis, P., Rozenblat, C., Tomassini, M. & Havlin, S. (2010) Worldwide spreading of economic crisis. *New Journal of Physics*, 12(11), 113043.
- Garlaschelli, D., Battiston, S., Castri, M., Servedio, V. D. P. & Caldarelli, G. (2005) The scale-free topology of market investments. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 350(2-4), 491-499.
- Garlaschelli, D. & Loffredo, M. I. (2004) Fitness-dependent topological properties of the world trade web. *Physical Review Letters*, 93(18), 188701.
- Garlaschelli, D. & Loffredo, M. I. (2005) Structure and evolution of the world trade network. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 355(1), 138-144.
- Gomez, D. M., Ortega, G. J. & Torgler, B. (2012) *Synchronization and diversity in business cycles: A network approach applied to the European Union*. (No. 2012-01). CREMA Working Paper.
- Gorton, G. B. (2009) Slapped in the Face by the Invisible Hand: Banking and the Panic of 2007. Available at SSRN 1401882.

- Granger, C. W. J. (1969) Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Granovetter, M. (1983) The strength of weak ties: A network theory revisited. *Sociological theory*, 201-233.
- Grant, E. (2016) Exposure to International Crises: Trade vs. Financial Contagion. Globalization & Monetary Policy Institute Working Paper No. 280, Federal Reserve Bank of Dallas.
- Gunter, B. G. & Wilcher, B. (2020) Three decades of globalisation: Which countries won, which lost? *The World Economy*, 43(4), 1076-1102.
- Haile, F. & Pozo, S. (2008) Currency crisis contagion and the identification of transmission channels. *International Review of Economics & Finance*, 17(4), 572-588.
- Hamilton, J. D. (2018) Why you should never use the Hodrick-Prescott filter. *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 831-843.
- He, J. K. & Deem, M. W. (2010) Structure and Response in the World Trade Network. *Physical Review Letters*, 105(19), 4.
- Hernández, L. F. & Valdés, R. O. (2001) What drives contagion: trade, neighborhood, or financial links? *International Review of Financial Analysis*, 10(3), 203-218.
- Hodrick, R. J. (2020) *An Exploration of Trend-Cycle Decomposition Methodologies in Simulated Data*. NBER wp 26750
- Hodrick, R. J. & Prescott, E. C. (1997) Postwar US business cycles: an empirical investigation. *Journal of Money, credit, and Banking*, 1-16.
- Hoppe, K. & Rodgers, G. J. (2015) A microscopic study of the fitness-dependent topology of the world trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 419, 64-74.
- Iloskics, Z. & Sebestyén, T. (2021) A sokkterjedés szerkezeti jellemzőinek változásai a fejlett gazdaságok között. *Statisztikai Szemle*, 99(7), 661-699.
- Iloskics, Z., Sebestyén, T. & Braun, E. (2021) Shock propagation channels behind the global economic contagion network. The role of economic sectors and the direction of trade. *PloS One*, 16(10), e0258309.
- Imbs, J. (2004) Trade, finance, specialization, and synchronization. *Review of Economics and Statistics*, 86(3), 723-734.
- Imbs, J. (2006) The real effects of financial integration. *Journal of International Economics*, 68(2), 296-324.

- Inklaar, R., Jong-A-Pin, R. & De Haan, J. (2008) Trade and business cycle synchronization in OECD countries—A re-examination. *European Economic Review*, 52(4), 646-666.
- Inoue, H. & Todo, Y. (2020) The propagation of the economic impact through supply chains: The case of a mega-city lockdown against the spread of COVID-19. *Available at SSRN 3564898*.
- Jordà, Ò., Schularick, M. & Taylor, A. M. (2015) Leveraged bubbles. *Journal of Monetary Economics*, 76, S1-S20.
- Kali, R. & Reyes, J. (2007) The architecture of globalization: a network approach to international economic integration. *Journal of International Business Studies*, 38(4), 595-620.
- Kantar, E., Keskin, M. & Deviren, B. (2012) Analysis of the effects of the global financial crisis on the Turkish economy, using hierarchical methods. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 391(7), 2342-2352.
- Kaposi, Z. (2004) A 20. század gazdaságtörténete. Budapest–Pécs: Dialóg Campus Kiadó.
- Kar, M., Nazlioglu, S. & Agir, H. (2011) Financial development and economic growth nexus in the MENA countries: Bootstrap panel granger causality analysis. *Economic Modelling*, 28(1-2), 685-693.
- Karinthy, F. (1929) Minden másképpen van. Budapest, Atheneum Irodai es Nyomdai R.-T. Kiadasa.
- Keynes, J. M., Péter, E. & Rudolf, A. (1965) *A foglalkoztatás a kamat és a pénz általános elmélete*. Közgazdasági és Jogi K.
- Khan, S. (2018) Currency Crisis Transmission Through Trade Channel: Asian and Mexican Crises Revisited. *Journal of Economic Integration*, 33(4), 818-840.
- Kim, H. J., Kim, I. M., Lee, Y. & Kahng, B. (2002) Scale-free network in stock markets. *Journal-Korean Physical Society*, 40, 1105-1108.
- Király, J., Nagy, M. & Szabó E, V. (2008) Egy különleges eseménysorozat elemzése—a másodrendű jelzáloghitel-piaci válság és (hazai) következményei. *Közgazdasági Szemle*, 55(7-8), 573-621.
- Kollmann, R. (2019) Explaining international business cycle synchronization: Recursive preferences and the terms of trade channel. *Open Economies Review*, 30(1), 65-85.

- Kose, M. A., Prasad, E. S. & Terrones, M. E. (2003) How does globalization affect the synchronization of business cycles? *American Economic Review*, 93(2), 57-62.
- Kose, M. A. & Yi, K.-M. (2001) International trade and business cycles: is vertical specialization the missing link? *American Economic Review*, 91(2), 371-375.
- Kose, M. A. & Yi, K.-M. (2006) Can the standard international business cycle model explain the relation between trade and comovement? *Journal of international Economics*, 68(2), 267-295.
- Krugman, P. (2012) *Elég legyen a válságból! MOST!* Budapest: Akadémia Kiadó.
- Lee, K.-M., Yang, J.-S., Kim, G., Lee, J., Goh, K.-I. & Kim, I.-m. (2011) Impact of the topology of global macroeconomic network on the spreading of economic crises. *PLoS One*, 6(3), e18443.
- Leila, A. (2011) Global crises: A network perspective on the economic integration. *Journal of Economic Integration*, 197-216.
- Lámfalussy, S. (2008) *Pénzügyi válságok a fejlődő országokban*. Akadémia Kiadó.
- Lőrincz, S. (2000) Reál üzleti ciklusok. Áttekintés [Real business cycles. A survey]. *Közgazdasági Szemle (Economic Review-monthly of the Hungarian Academy of Sciences)*, 47(7), 509-530.
- Madarász, A. (2009) Buborékok és legendák - Válságok és válságmagyarázatok - a tulipánmánia és a Déltengeri Társaság, I. rész. *Közgazdasági Szemle*.
- Matesanz, D. & Ortega, G. J. (2016) On business cycles synchronization in Europe: A note on network analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 462, 287-296.
- May, R. M. & Lloyd, A. L. (2001) Infection dynamics on scale-free networks. *Physical Review E*, 64(6), 066112.
- Mejía-Reyes, P., Rendón-Rojas, L., Vergara-González, R. & Aroca, P. (2018) International synchronization of the Mexican states business cycles: Explaining factors. *The North American Journal of Economics and Finance*, 44, 278-288.
- Mundell, R. A. (1962) The appropriate use of monetary and fiscal policy for internal and external stability. *Staff Papers*, 9(1), 70-79.
- Muraközy, L. (2010) Válságok állama-államok válsága. *Közgazdasági Szemle*.
- Musacchio, A. (2012) Mexico's Financial Crisis of 1994-1995. Harvard Business School Working Paper.
- Nier, E., Yang, J., Yorulmazer, T. & Alentorn, A. (2007) Network models and financial stability. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(6), 2033-2060.

- Nobi, A., Maeng, S. E., Ha, G. G. & Lee, J. W. (2013) Network topologies of financial market during the global financial crisis. *arXiv preprint arXiv:1307.6974*.
- Obstfeld, M. & Rogoff, K. (2009) Global imbalances and the financial crisis: products of common causes. *Available at SSRN 1533211*.
- Padhan, R. & Prabheesh, K. P. (2020) Business cycle synchronization: Disentangling direct and indirect effect of financial integration in the Indian context. *Economic Modelling*, 85, 272-287.
- Paramaguru, K. (2019) Investigating the Effect of Trade on Business Cycle Synchronization: An Applied Case to the EU. *Dubrovnik*.
- Pastor-Satorras, R. & Vespignani, A. (2001) Epidemic spreading in scale-free networks. *Physical review letters*, 86(14), 3200.
- Prim, R. C. (1957) Shortest connection networks and some generalizations. *The Bell System Technical Journal*, 36(6), 1389-1401.
- Qiu, D. (2015) aTSA: Alternative Time Series Analysis. R Package Version 3.1. 2.
- Radović, O. & Stanković, J. (2012) Information Asymmetry in the Artificial Financial Market Represented by Scale-Free Network. *Proc. Make Learn*, 165-174.
- Rappai, G. (2011) Okság a statisztikai modellekben. *Statisztikai Szemle*, 89, 1113-1129.
- Ren, F. & Zhou, W. X. (2014) Dynamic Evolution of Cross-Correlations in the Chinese Stock Market. *Plos One*, 9(5), 15.
- Rodrik, D. (2014) *A globalizáció paradoxona: demokrácia és a világgazdaság jövője*, Corvina.
- Sachs, J. (1988) Recent Studies of the Latin American Debt Crisis. *Latin American Research Review*.
- Sander, H. & Kleimeier, S. (2003) Contagion and causality: an empirical investigation of four Asian crisis episodes. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 13(2), 171-186.
- Schweitzer, F., Fagiolo, G., Sornette, D., Vega-Redondo, F., Vespignani, A. & White, D. R. (2009a) Economic networks: The new challenges. *Science*, 325(5939), 422-425.
- Schweitzer, F., Fagiolo, G., Sornette, D., Vega-Redondo, F. & White, D. R. (2009b) Economic Networks: What do we know and what do we need to know? *Advances in Complex Systems*, 12(04n05), 407-422.
- Sebestyén, T. (2010) Tudáshálózatok struktúrájának szerepe egy egyszerű általános egyensúlyi modellben. *SZIGMA Matematikai-közgazdasági folyóirat*, 41(3-4), 121-153.

- Sebestyén, T. & Iloskics, Z. (2020) Do economic shocks spread randomly?: A topological study of the global contagion network. *PloS one*, 15(9), e0238626.
- Selover, D. D. (2004) International co-movements and business cycle transmission between Korea and Japan. *Journal of the Japanese and International Economies*, 18(1), 57-83.
- Serrano, M. A. & Boguna, M. (2003) Topology of the world trade web. *Physical Review E*, 68(1), 4.
- Sheng, A. (2010) Financial crisis and global governance: A network analysis. *Globalization and growth implications for a post-crisis world*, 69-93.
- Shin, K. H. & Wang, Y. J. (2005) The impact of trade integration on business cycle co-movements in Europe. *Review of World Economics*, 141(1), 104-123.
- Shwadran, B. (2019) *Middle East oil crises since 1973*, Routledge.
- Sienkiewicz, A., Gubiec, T., Kutner, R. & Struzik, Z. R. (2013) Dynamic Structural and Topological Phase Transitions on the Warsaw Stock Exchange: A Phenomenological Approach. *Acta Physica Polonica A*, 123(3), 615-620.
- Sims, C. A. (1980) Money, Income and Causality." *American Economic Review*, 1972, 62. *Macroeconomics and Reality.*" *Econometrica*, 48, 1-48.
- Slanicay, M. (2013) Business Cycle Synchronization through the lens of a DSGE Model. *Finance a Uver*, 63(2), 180.
- Soramäki, K., Bech, M. L., Arnold, J., Glass, R. J. & Beyeler, W. E. (2007) The topology of interbank payment flows. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 379(1), 317-333.
- Spence, M. & Leipziger, D. (2010) *Globalization and growth: implications for a post-crisis world*. The World Bank..
- Summers, P. M. (2005) What caused the Great Moderation? Some cross-country evidence. *Economic Review-Federal Reserve Bank of Kansas City*, 90(3), 5.
- Taleb, N. N. (2012) *A fekete hattyú avagy a legváratlanabb hatás*, Gondolat.
- Timoneda, J. C. (2021) Estimating group fixed effects in panel data with a binary dependent variable: how the LPM outperforms logistic regression in rare events data. *Social Science Research*, 93, 102486.
- Travers, J. & Milgram, S. (1977) An experimental study of the small world problem, *Social Networks* Elsevier, 179-197.
- Tseng, J. J., Li, S. P., Chen, S. H. & Wang, S. C. (2009) EMERGENCE OF SCALE-FREE NETWORKS IN MARKETS. *Advances in Complex Systems*, 12(1), 87-97.

- Wald, A. & Wolfowitz, J. (1940) On a test whether two samples are from the same population. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11(2), 147-162.
- Wasserman, S. & Faust, K. (1994) *Social network analysis: Methods and applications*, Cambridge university press.
- Watts, D. J. & Strogatz, S. H. (1998) Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *nature*, 393(6684), 440-442.
- Wilinski, M., Sienkiewicz, A., Gubiec, T., Kutner, R. & Struzik, Z. R. (2013) Structural and topological phase transitions on the German Stock Exchange. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 392(23), 5963-5973.
- Wooldridge, J. M. (2006) *Introduction to econometrics: A modern approach*. Michigan State University. USA.
- Zheng, Z., Podobnik, B., Feng, L. & Li, B. (2012) Changes in cross-correlations as an indicator for systemic risk. *Scientific reports*, 2, 888.
- Ötoker-Robe, I. & Podpiera, A. M. (2013) *The social impact of financial crises: evidence from the global financial crisis*. The World Bank.
- Škare, M. & Stjepanović, S. (2016) Measuring business cycles: A review. *Contemporary Economics*, 10(1), 83-94.

Felhasznált adatok:

- OECD (2020): *Gross domestic product (GDP) (indicator)*. doi: 10.1787/dc2f7aec-en
(Accessed on 05 February 2020); Source: OECD National Accounts Statistics: Quarterly National Accounts
- UN Comtrade Database (2020): <https://comtrade.un.org/data/>